

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroniky**

**Analýza vlastností měniče kmitočtu v závislosti na nastavení  
jeho parametrů**

Property Analysis of Frequency Converter Depending on Setting  
its Parameters

**Prohlášení :**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 6.5 2011

.....

## **Poděkování :**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Ivo Neborákovi CSc. za jeho ochotu a čas, který mi věnoval při její tvorbě. Zároveň jsem mu vděčný za odborné rady, poznatky a připomínky, jenž pro mě byly velmi užitečné.

## **ABSTRAKT**

Základem této bakalářské práce je analýza a optimalizace řízení pohonu zdvihu plošiny měničem kmitočtu. Pohon tvoří asynchronní motor v zapojení s kotvou nakrátko. Práci jsem podle zadání rozdělil na čtyři části. První kapitola je čistě teoretická. Zabývám se v ní základním popisem asynchronního motoru a jeho řízení kmitočtem. Druhá část obsahuje obecný popis měniče kmitočtu Altivar 31, použitého v analyzovaného soustrojí a definuje význam jednotlivých nabídek v programu měniče. Tabulky s nastavitelnými parametry a vysvětlení jejich funkce jsou uvedeny v příloze. Ve třetí části se zabývám konkrétním nastavením měniče pro danou požadovanou funkci pohonu. Poslední čtvrtá kapitola obsahuje výsledky zjištěné při ověřování chování pohonu a měření důležitých veličin v různých provozních režimech.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Asynchronní motor, měnič kmitočtu, řízení, parametr, analýza

## **ABSTRACT**

The basis of this Bachelor thesis is the analysis and optimization control drive of elevated platform by frequency converter. Drive forms induction motor in wiring squirrel cage motor. According to the task, I divided thesis into the four parts. The first chapter is purely theoretical. Content is a basic of the induction motor and his frequency control. The second part contains a general description of the Altivar 31 frequency inverter and defines the meaning of each menu in the program of the inverter. Tables with adjustable parameters and explain their functions are listed in appendix. The third section describes the specific settings of that frequency converter for desired function of drive. The last fourth chapter contains the results found during the validation of the drive and measurement of relevant electric quantities in different operating modes.

## **KEY WORDS**

Induction motor, frequency converter, control, parameter, analysis

## SEZNAM NĚKTERÝCH POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK

Symbol	Název	Jednotka
$\cos \varphi$	Jmenovitý účinník motoru	-
$d_k$	Průměr převáděcí kladky soustavy zdvihu	mm
$f_l$	Kmitočet na primární straně	Hz
$f_{In}$	Jmenovitá hodnota kmitočtu $f_l$	Hz
$f_{osc}$	Kmitočet motoru změřený osciloskopem	Hz
$F_{0z}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při zdvihu	N
$F_{0s}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při spouštění	N
$F_{15s}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při spouštění a zátěži 15 kg	N
$F_{15z}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při zdvihu a zátěži 15 kg	N
$F_{30s}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při spouštění a zátěži 30 kg	N
$F_{30z}$	Síla včetně tření, působící na plošinu při zdvihu a zátěži 30 kg	N
$F_p$	Síla působící proti pohybu plošiny	N
$F_{tř}$	Třecí síla	N
$g$	Gravitační zrychlení	m/s <sup>2</sup>
CH1	Kanál 1 osciloskopu	-
CH2	Kanál 2 osciloskopu	-
$i_p$	Převod převodovky	-
$I_M$	Proud motoru	A
$I_n$	Jmenovitý proud	A
$I_s$	Statorový proud	A
$I_S$	Síťový proud	A
$I_u$	Magnetizační proud	A
$J$	Jmenovitý setrvačný moment motoru	kg/m <sup>2</sup>
$L$	Řízení konstantním momentem nezávislém na otáčkách( skalární )	
$m_p$	Hmotnost plošiny	kg
$m_z$	Hmotnost zátěže	kg
$m_{z15}$	Celková hmotnost při zatížení 15 kg	kg
$m_{z30}$	Celková hmotnost při zatížení 30 kg	kg
$M$	Moment na hřídeli motoru	Nm
$M_{0s}$	Moment na hřídeli při spouštění bez zatížení	Nm
$M_{0z}$	Moment na hřídeli při zdvihu bez zatížení	Nm
$M_{15s}$	Moment na hřídeli při spouštění a zátěži 15 kg	Nm
$M_{15z}$	Moment na hřídeli při zdvihu a zátěži 15 kg	Nm
$M_{30s}$	Moment na hřídeli při spouštění a zátěži 30 kg	Nm
$M_{30z}$	Moment na hřídeli při zdvihu a zátěži 30 kg	Nm
$M_{max}$	Okamžitý maximální moment	Nm
$M_{max\ n}$	Jmenovitý maximální moment	Nm
$M_{max(30)}$	Maximální moment při kmitočtu 30 Hz	Nm
$M_{max(40)}$	Maximální moment při kmitočtu 40 Hz	Nm
$M_{max(50)}$	Maximální moment při kmitočtu 50 Hz	Nm
$M_n$	Jmenovitý moment motoru	Nm
$M_{třř}$	Třecí moment při 1‰ přepětí řemenu	Nm
$n, n_n$	Okamžité otáčky rotoru	ot/min
$n_s, n_0, n_{0n}$	Synchronní otáčky	ot/min
$N$	Řízení vektorové bez zpětné vazby	
Obr.	Obrázek	-
$p$	Počet pólových dvojic motoru	-

Symbol	Název	Jednotka
$P$	Výkon motoru	W
$P_{0s}$	Výkon motoru při spouštění bez zatížení	W
$P_{0z}$	Výkon motoru při zdvihu bez zatížení	W
$P_{15s}$	Výkon motoru při spouštění a zátěži 15 kg	W
$P_{15z}$	Výkon motoru při zdvihu a zátěži 15 kg	W
$P_{30s}$	Výkon motoru při spouštění a zátěži 30 kg	W
$P_{30z}$	Výkon motoru při zdvihu a zátěži 30 kg	W
$P_M$	Okamžitý výkon motoru	W
$P_P$	Příkon motoru	W
$P_{p0s}$	Příkon motoru při spouštění bez zatížení	W
$P_{p0z}$	Příkon motoru při zdvihu bez zatížení	W
$P_{p15s}$	Příkon motoru při spouštění a zátěži 15 kg	W
$P_{p15z}$	Příkon motoru při zdvihu a zátěži 15 kg	W
$P_{p30s}$	Příkon motoru při spouštění a zátěži 30 kg	W
$P_{p30z}$	Příkon motoru při zdvihu a zátěži 30 kg	W
$q_M$	Poměr mezi maximálním a jmenovitým momentem	-
$R_1$	Odpor fáze statoru	$\Omega$
$R_2$	Odpor fáze rotoru	$\Omega$
$R_2'$	Odpor fáze rotoru přepočítána na fázi statoru	$\Omega$
$s$	Skluz	%
$s_k$	Skluz zvratu	%
$s_{k(30)}$	Skluz zvratu při kmitočtu 30 Hz	-
$s_{k(40)}$	Skluz zvratu při kmitočtu 40 Hz	-
$s_{k(50)}$	Skluz zvratu při kmitočtu 50 Hz	-
$s_n$	Jmenovitý skluz	%
$st.$	Strana	-
$Tab.$	Tabulka	-
$U$	Efektivní hodnota sdružené napětí motoru	V
$U_l$	Okamžité napětí motoru	V
$U_{ln}$	Napájecí napětí motoru	V
$U_i$	Indukované napětí	V
$X_K$	Reaktance nakrátko	$\Omega$
$\mu$	Celková účinnost motoru	%
$\mu_p$	Celková účinnost převodovky	-
$\pi$	Ludolfovo číslo	-
$\Phi_M$	Magnetický tok motoru	Wb
$\omega$	Úhlová rychlost	rad/s

## **OBSAH**

ÚVOD.....	8
1 TEORETICKÝ ROZBOR VLASTNOSTÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU NAPÁJENÉHO Z MĚNIČE KMITOČTU.....	9
1.1 Asynchronní motory.....	9
1.1.1 Konstrukce .....	10
1.1.2 Princip činnosti.....	11
1.1.3 Mechanická charakteristika AM.....	12
1.1.4 Brzdění AM.....	15
1.2 Měniče kmitočtu.....	15
1.3 Kmitočtová regulace asynchronního motoru .....	19
1.3.1 Skalární řízení.....	19
1.3.2 Vektorové řízení .....	19
1.3.3 Přímé řízení momentu ( DTC ) .....	20
2 ROZBOR MOŽNOSTÍ NASTAVENÍ PARAMETRŮ MĚNIČE KMITOČTU ALTIVAR 31 .....	21
2.1 Základní funkce měniče.....	21
2.1.1 Tepelná ochrana měniče kmitočtu .....	21
2.1.2 Chlazení měniče kmitočtu .....	21
2.1.3 Tepelná ochrana motoru .....	21
2.2 Nastavování parametrů.....	22
2.2.1 Způsoby ovládání měniče kmitočtu a zadávání žádané hodnoty.....	23
2.2.2 Menu FUn- ( Menu funkce ).....	24
3 VYTVOŘENÍ SAD PARAMETRŮ PRO NAPÁJENÍ POHONU ZDVIHU V LABOLATOŘI E106 .....	26
3.1 Původní použitá sada parametrů.....	27
3.2 Navrhovaná sada parametrů .....	29
4 OVĚŘENÍ CHOVÁNÍ POHONU – ZMĚŘENÍ DŮLEŽITÝCH VELIČIN POHONU PRO ZADANÉ REŽIMY .....	33
4.1 Přehled měřených veličin a použitých měřicích přístrojů .....	34
4.2 Naměřené hodnoty a průběhy měřených veličin.....	35
4.2.1 Výsledky při vektorovém řízení ( $N$ ) .....	36
4.2.2 Výsledky při řízení konstantním momentem ( $L$ ) .....	39
4.3 Výpočet důležitých parametrů motoru při daných provozních režimech.....	41
4.4 Shrnutí výsledků.....	48
ZÁVĚR.....	49
POUŽITÁ LITERATURA.....	51
PŘÍLOHA	

## ÚVOD

Měniče kmitočtu jsou základem rozšíření asynchronních motorů v průmyslu. Indukční motory, jak se také nazývají, se tak stávají nejpoužívanějšími motory i v aplikacích, kde je požadována regulace otáček. Výhodné vlastnosti těchto motorů, tedy zejména jednoduchá a robustní konstrukce, zajišťující vysokou spolehlivost a tedy i dlouhou životnost, bezproblémová údržba, obsluha a také výhodná cena, kazila v minulosti zásadní nevýhoda, a to v podstatě nemožnost regulace otáček. Právě tento problém byl vyřešen použitím měniče kmitočtu, kdy se požadovaných otáček dosáhne změnou kmitočtu a napětí. Sériová výroba měničů kmitočtu pak umožnila ještě větší dostupnost a rozmach asynchronních motorů.

V této bakalářské práci se důkladně seznámím s funkcí a možnostmi nastavení měniče kmitočtu Altivar 31 firmy Telemecanique. Jedná se o produkt, určený pro základní použití na jednoduchých pracovních strojích, výrobních linkách nebo u domácích spotřebičů ( např. čerpadla, ventilátory, regulace chodu atd. ). V mém případě byl měnič použit k řízení soustavy pro zdvih plošiny, poháněné asynchronním motorem o výkonu 120 W. Soustrojí slouží zejména pro měření laboratorních úloh s cílem ukázky funkce řízení asynchronního motoru měničem kmitočtu.

Hlavním úkolem bude vytvoření sady parametrů pro daný motor, použitím programu měniče pomocí obslužného terminálu. Dále ověření funkčnosti pohonu s vytvořenou sadou parametrů pro dané požadavky a srovnání s původním nastavením. Posledním část bude věnována změření důležitých veličin pohonu pro dané provozní režimy.



# 1 TEORETICKÝ ROZBOR VLASTNOSTÍ ASYNCHRONNÍHO MOTORU NAPÁJENÉHO Z MĚNIČE KMITOČTU

## 1.1 Asynchronní motory

Již v roce 1885 objevil G. Ferrasis točivé magnetické pole, o rok později poté N. Tesla navrhl dvoufázový asynchronní motor s rozloženým vinutím, ovšem s nevyhovujícím tvarem rotoru. Roku 1899 získal patent rus M.O. Dolivo-Dobrovolskij za návrh trojfázového asynchronního motoru nakrátko.

Asynchronní motor (AM) je točivý elektrický stroj, složen ze dvou základních částí – statoru a rotoru. Obě části jsou od sebe odděleny malou mezerou a jsou součástí magnetického obvodu motoru. Stator i rotor obsahují vinutí. Ke zdroji střídavého proudu je obvykle připojeno vinutí statorové. V tomto případě je rotorové vinutí spojeno nakrátko a pracuje podobně jako transformátor, kdy proud vzniká elektromagnetickou indukcí. Z této vlastnosti vychází i druhý používaný název – **indukční motor**. Výkonový rozsah se pohybuje v řádech wattů až do 20 MW při širokém výběru otáček – desítky až na maximálních 100 000 ot./min.

V dnešní době je asynchronní motor nejpoužívanějším elektromotorem. Hlavním důvodem jsou jeho vysoká spolehlivost daná jednoduchou konstrukcí, výhodou je i možnost napájení z běžné střídavé sítě a snadná obsluha bez složité údržby. Napájecí napětí lze použít trojfázové, případně i jednofázové. Trojfázové se používá mnohem častěji. V neposlední řadě je to také nízká cena.

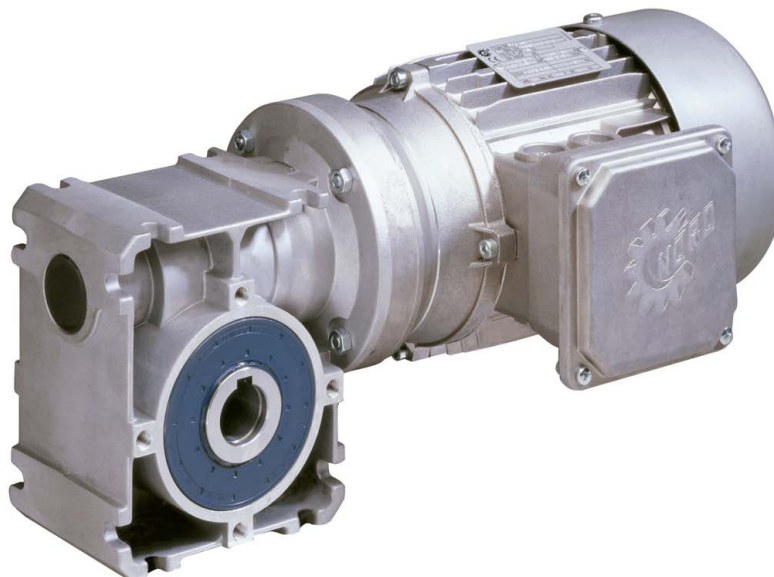
Asynchronní motory mají i své nevýhody. Nejzávažnější se projevuje při napájení konstantním kmitočtem, kdy motor pracuje s téměř neměnnými se otáčkami. Pro různé technologické procesy však musí motor dodávat energii i při neustálých změnách úhlové rychlosti hřídele. Řešením tohoto problému je napájení zdrojem, který přivádí do motoru napětí s proměnným kmitočtem. Používáme termín kmitočtová regulace neboli kmitočtové řízení. Mezi další nevýhody patří proudový náraz a velký odběr jalového výkonu vzniklý při spouštění přímým přepnutím na síť u neregulovaných pohonů.

### 1.1.1 Konstrukce

Trojfázový asynchronní motor se skládá ze dvou základních částí - ze **statoru** a **rotoru**.

**Stator** je pevnou částí a je skoro u všech modelů stejný. Skládá se z kostry nesoucí motor, svazku statorových plechů a vinutí statoru. Podle tohoto vinutí můžeme rozdělit indukční motor na **trojfázový** a **jednofázový** vhodný pro menší výkony.

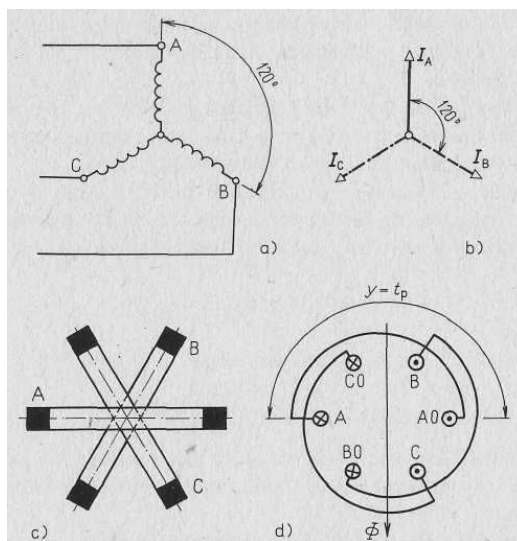
**Rotor** je pohyblivou částí a jedná se o hřídel s elektrotechnickými nalisovanými rotorovými plechy obsahující drážky. V drážkách jsou uloženy měděné, hliníkové, případně mosazné tyče, spojené mosaznými zkratovacími kruhy po obou stranách. Toto uspořádání nazýváme **kotva na krátko**. Jelikož tyče společně s kruhy připomínají tvar klece, lze použít i název **kotva klecová**. Druhý typ uspořádání – **kotva kroužková** – na hřídeli jsou umístěny mimo rotorové plechy i sběrné kroužky. Drážky obsahují trojfázové rotorové vinutí z izolovaných vodičů. Vinutí je zapojeno nejčastěji do hvězdy, méně často do trojúhelníka a je připojeno ke třem sběracím kroužkům, které umožňují připojení činných odporů. Odporů slouží ke zmenšení záběrového proudu, případně otáček a zvětšení záběrového momentu. Podle rotorového vinutí tak získáváme **motor nakrátko** a **motor kroužkový**.



Obr. 1 *Asynchronní motor s kotvou nakrátko NORD SK ISI 50 – IE63 – 63S4 [8]*

### 1.1.2 Princip činnosti

Pro činnost indukčního motoru je nejdůležitější vznik **magnetického točivého pole**. Toto pole vzniká vzájemným působením dvou nebo více střídavých magnetických polí, každé prostorově a časově posunuté, a magnetického pole rotoru. V praxi to jsou např. tři stejné válcové cívky pootočené vzájemně o  $120^\circ$  a napájené trojfázovým proudem (obr. 2). Velikost výsledného magnetického pole je s časem neměnná, ale jeho fázor se otáčí konstantním úhlovým kmitočtem  $\omega_s$  ve směru postupu fází.  $\omega_s$  závisí na kmitočtu napájecího proudu.



Obr. 2 Uspořádání cívek pro vznik točivého pole

a) schematické uspořádání tří válcových cívek, b) fázorový diagram napájecího proudu, c) zásadní uspořádání tří kotoučových cívek, d) skutečné uspořádání tří cívek na obvodu statoru [1]

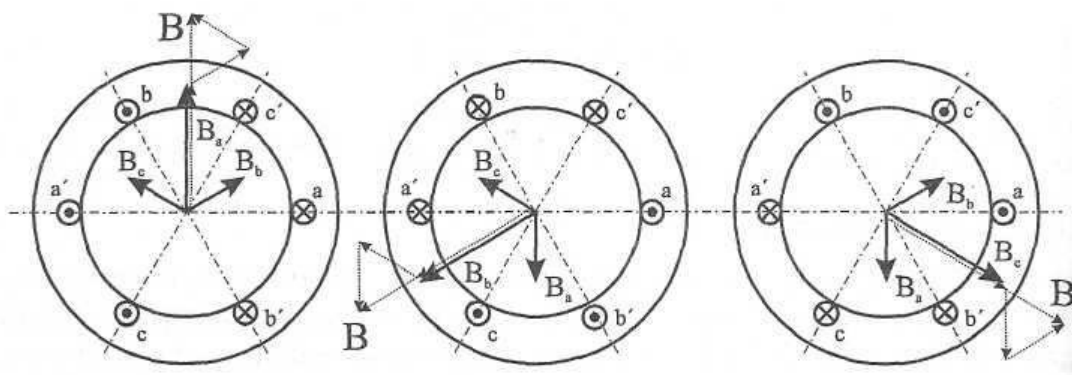
Otáčky točivého magnetického pole závisí přímo na kmitočtu napájecího proudu a nazývají se **synchronní otáčky  $n_s$** . Lze je vyjádřit následujícím vztahem:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} [\text{s}^{-1}], \quad (1.1)$$

kde  $f$  značí kmitočet proudu a  $p$  odpovídá počtu pólových dvojic statoru.

Vektorový součet okamžitých hodnot magnetomotorického napětí všech tří fází ve třech okamžicích, vzájemně časově vzdálených o  $120^\circ$ , nám udává výslednou amplitudu první harmonické tohoto napětí (viz. obr. 3). Ve vzduchové mezeře vzniká elektromagnetické pole tvaru sinusové vlny (ideální případ), charakterizováno průběhem magnetické indukce. Pokud chceme změnit směr otáčení motoru, musíme přehodit libovolné dvě fáze.

Indukční motor má schopnost se sám roztočit, což je velká výhoda. Lze toho dosáhnout vložením jednoho závitu spojeného nakrátko do točivého magnetického pole, tak vznikne nejjednodušší rotor. Magnetický tok procházející závitem se při otáčení točivého magnetického pole mění, tím se indukuje napětí. To zajišťuje průtok značného proudu. Točivé pole statoru společně s magnetickým polem vybuzeným tímto proudem pak vytvoří točivý moment.



Obr. 3 Vznik točivého pole [1]

Jestliže rotor mechanicky zatížíme, musí se zpomalit. Se zvětšujícím se zatížením otáčky indukčního motoru klesají. Poměrný pokles otáček rotoru  $n$  k otáčkám točivého magnetického pole  $n_0$  nazýváme **skluz  $s$** . Jeho velikost se pohybuje kolem 1 až 10% v závislosti na odporu rotorového vinutí a velikosti motoru.

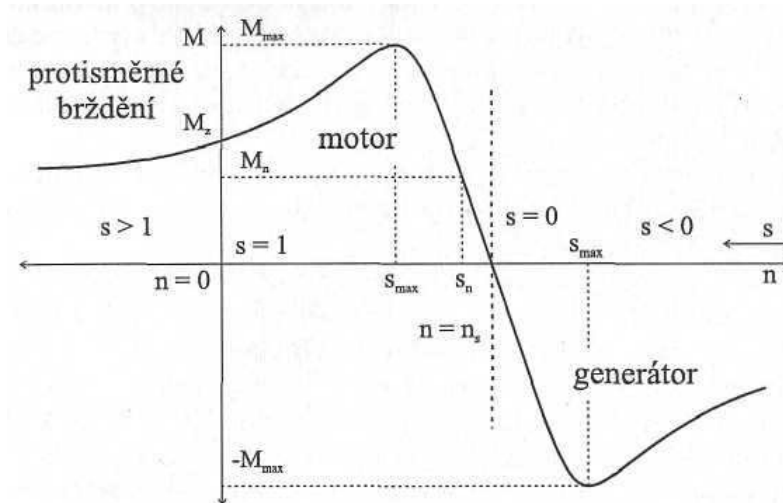
$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot 100 [\%] \quad (1.2)$$

### 1.1.3 Mechanická charakteristika AM

Typický průběh momentové charakteristiky s kotvou nakrátko je zobrazen na obr.3. V oblasti, kdy je skluz mezi 0 a 1, pracuje motor v motorické oblasti. V charakteristice se dále vyznačuje **jmenovitý moment  $M_n$** , charakterizující jmenovité otáčky, a **maximální moment  $M_{max}$** , zvaný též moment zvratu.

Momentovou charakteristiku lze v praxi určit z tzv. zjednodušeného Klossova vztahu :

$$M = \frac{2 \cdot M_{max}}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} \quad (1.3)$$



Obr. 4 Průběh momentové charakteristiky asynchronního motoru s kotvou nakrátko [1]

Maximální moment (moment zvratu)  $M_{max}$  můžeme určit ze vztahu :

$$M_{max} = \frac{3 \cdot U_1^2}{2\omega_0 \cdot (R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_K^2})} \cong \pm \frac{3 \cdot U_1^2}{2\omega_0 \cdot X_K} \quad (1.4)$$

Skluz zvratu  $s_k$  potom určíme takto :

$$s_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_K^2}} \cong \pm \frac{R'_2}{X_K} \quad (1.5)$$

Pro jmenovité hodnoty napájecího napětí a kmitočtu používáme k výpočtu tyto vztahy :

$$\text{Maximální moment } M_{max\ n} = M_n + q_M \quad (1.6)$$

$q_M$  vyjadřuje poměr mezi maximálním a jmenovitým momentem

$$\text{Skluz zvratu } s_{kn} = s_n (q_M + \sqrt{q_M^2 - 1}) \quad (1.7)$$

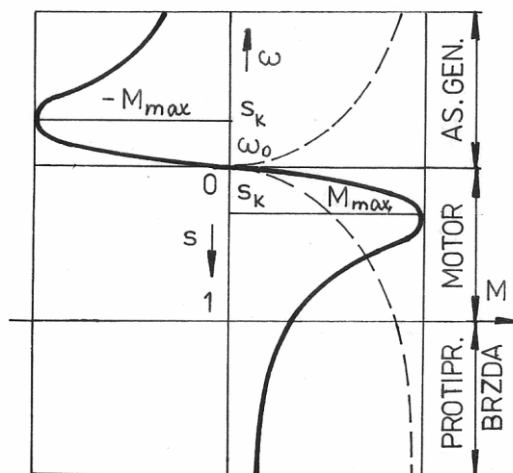
$$\text{Jmenovitý skluz } s_n = \frac{n_{0n} - n_n}{n_{0n}} \quad (1.8)$$

Pro okamžité napětí a kmitočty určíme maximální moment a skluz zvratu z těchto rovnic :

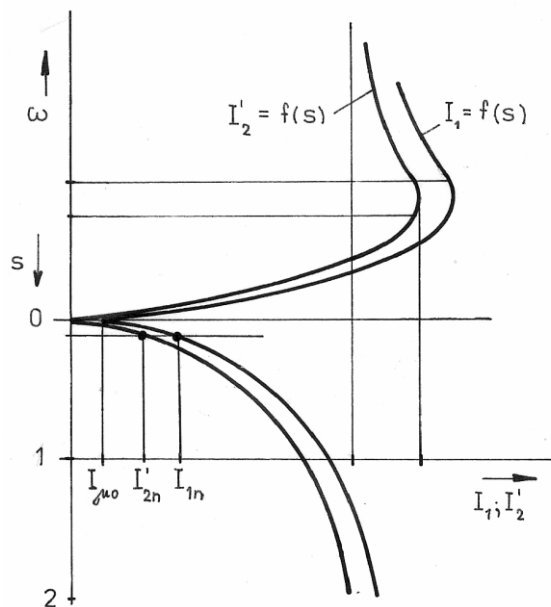
$$M_{max} = M_{max\ n} \cdot \left(\frac{U_1}{U_{1n}}\right)^2 \cdot \left(\frac{f_{1n}}{f_1}\right)^2 \quad (1.9)$$

$$s_k = s_{kn} \cdot \left(\frac{f_{1n}}{f_1}\right) \quad (1.10)$$

Z rovnice mechanické charakteristiky vyplývají možnosti řízení rychlosti asynchronního motoru. U AM s kotvou nakrátko se dnes využívá výhradně řízení **napájecím kmitočtem  $f_1$** . Změnou synchronní rychlosti se charakteristiky posunou vzhledem k rychlosti. Toto řízení je vhodné i z hlediska nejnižších ztrát. U AM s kotvou kroužkovou lze měnit sklon charakteristiky vložením vnějšího rotorového odporníku, projevují se zde ale ztráty. Pro úplnost je na obr. 6 zobrazena závislost satorového a rotorového proudu na skluzu a otáčkách.



Obr.5 Mechanická charakteristika AM včetně brzdých kvadrantů [1]



Obr.6 Průběh proudů na statoru a rotoru [1]

### 1.1.4 Brzdění AM

Používají se tři základní typy brzdění: **generátorické** (rekuperační), **stejnoseměrné** (dynamické) a **protiproudem**.

- **Generátorické brzdění**

Nastává při zvýšení rychlosti nad  $\omega_0$ , skluz  $s < 0$ . Tohoto stavu dosáhneme i snížením kmitočtu napájecího napětí  $f$  nebo přepnutím vinutí na vyšší počet pólů  $p_p$ .

- **Stejnoseměrné brzdění**

Roztočený AM, odpojený od napájecí sítě, se dá brzdit připojením dvou nebo všech tří fází statoru ke stejnosměrné síti. Ve statoru vzniká stojaté magnetické pole a indukuje napětí a proud do rotoru. V rotoru se ztrácí energie v odporech. Pro vyšší účinek se přidává do každé fáze rotoru odpor  $R_p$ .

- **Brzdění protiproudem**

Aktivuje se změnou sledu dvou fází a současněho přidání brzděného odporu do rotoru. Rotor se tedy bude otáčet proti smyslu pole. Aby se zabránilo rozběhu v protisměru, musí se po zastavení motor odpojit od sítě.

## 1.2 Měniče kmitočtu

Asynchronní motory používané v řízených pohonech se v současnosti napájí měniči kmitočtu. Měnič kmitočtu představuje základní a přitom nejsložitější prvek celé soustavy elektrického pohonu s asynchronním motorem. Základní úkol je přeměna sinusového napětí konstantního kmitočtu ze sítě na napětí proměnného kmitočtu, čímž se dosahuje plynulého řízení otáček motoru elektrického pohonu. Můžeme je rozdělit na dvě základní skupiny :

- **přímé měniče kmitočtu**

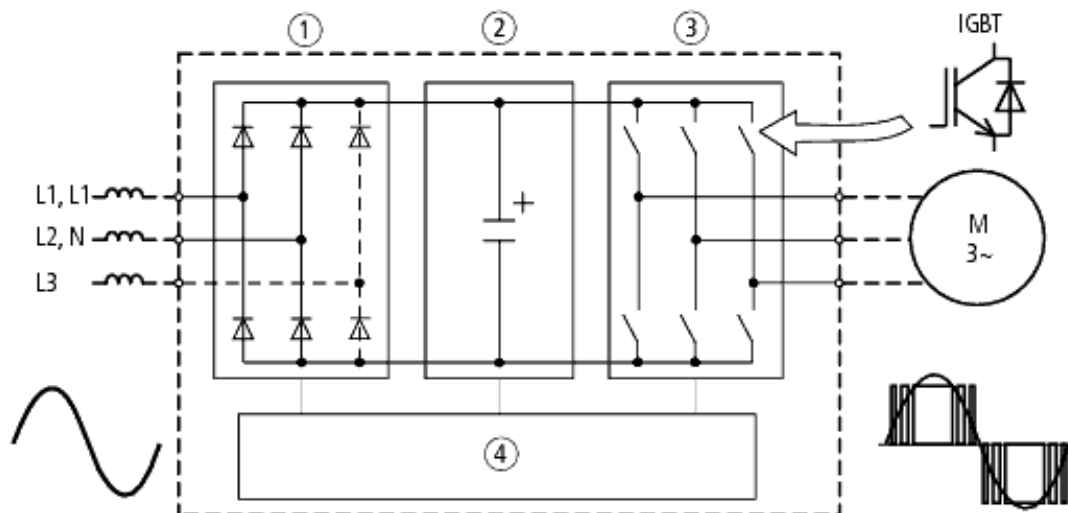
- se sítíovou komutací – cyklokonvertory (antiparalelní zapojení tyristorových usměrňovačů)
- s vlastní komutací – maticové měniče (obousměrné spínače, přímo propojující výstupní fáze s libovolnými vstupními fázemi)

- **nepřímé měniče kmitočtu**

- jsou složeny ze vstupního usměrňovače, stejnosměrného meziobvodu a střídače
- usměrňovač je většinou nereverzační trojfázové můstkové zapojení s diodami
- střídač se používá napěťový jedno- nebo troj-fázový s vlastní komutací
- existují měniče s napěťovým (kondenzátor) nebo proudovým (indukčnost) meziobvodem, podle jeho charakteru
- zpravidla se používá napěťový meziobvod pro jeho výhodnější vlastnosti (menší, lehčí, levnější a umožňuje větší rozsah otáček než proudový)

Výkonovými součástkami, používanými v měničích kmitočtu jsou v současné době nejčastěji bipolární tranzistory s izolovanou řídicí elektrodou IGBT. Skládají se z kaskádního zapojení bipolárního (koncový stupeň) a unipolárního (budící stupeň) tranzistoru. V usměrňovačích velkých výkonů se lze setkat i s výkonovými, GTO případně IGCT tyristory.

Na Obr.7 je vidět blokové schéma zapojení měniče kmitočtu, blok č.1 představuje usměrňovač, blok č.2 meziobvod, blok č.3 střídač s IGBT a blok č.4 obvody pro řízení a regulaci.

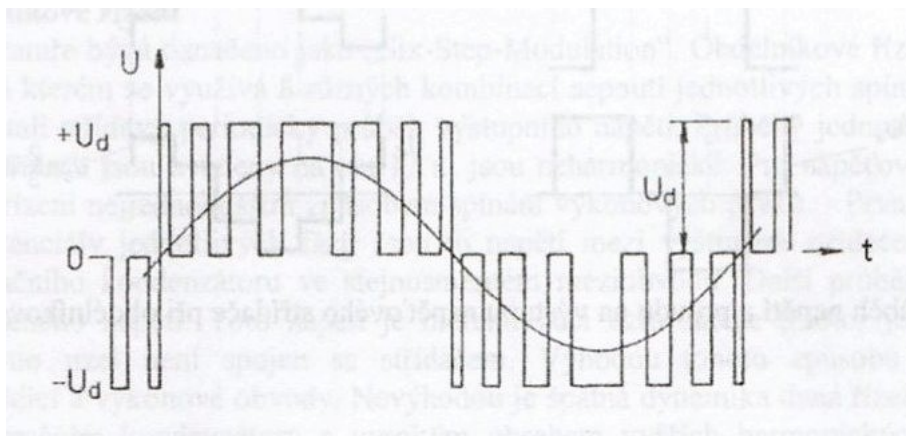


Obr. 7 Blokové schéma měniče kmitočtu [9]

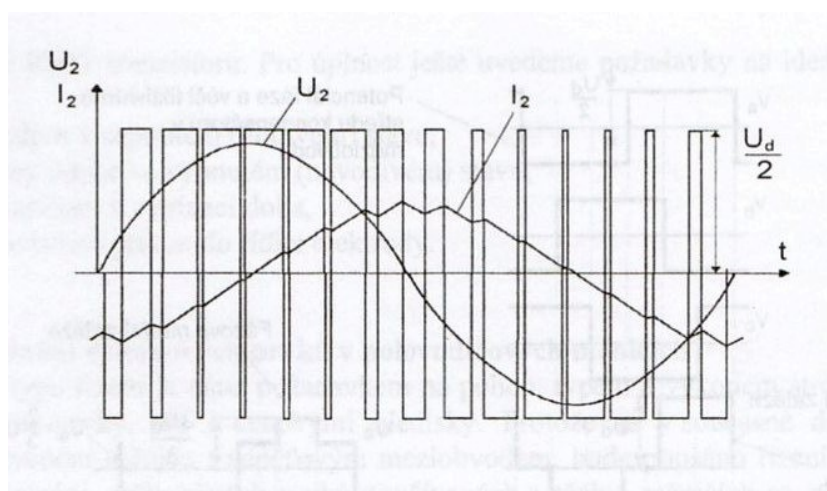


Spínání těchto součástek je nutné řídit. Používají se různé typy modulace v závislosti na typu stroje, ceně, požadavcích na pohon nebo typu polovodičových prvků. Rozlišujeme tyto druhy řízení :

- **Obdélníkové řízení** – pouze pro velké výkony
- **Pulsně-šířková modulace (PWM)** – nejčastější způsob řízení napěťových střídačů. Umožňují současnou změnu kmitočtu a velikosti výstupního napětí základní harmonické výstupního průběhu napětí. Jedna fáze napětí je složena z kladných a záporných pulsů s konstantní amplitudou, ale s proměnnou šířkou. Ta se mění tak, aby výsledný obdélníkový průběh první harmonické odpovídal sinusoidě požadovaného kmitočtu. Použitá indukční zátěž způsobuje vzájemné posunutí prvních harmonických napětí a proudu, zároveň filtruje vyšší harmonické proudu, a jeho průběh je tak téměř sinusový. Spínací kmitočet střídače vychází z kmitočtu spínání jednotlivých prvků a je omezen jejich technickými parametry. Dosahuje hodnot 1 – 20 kHz. Podle časové posloupnosti spínání lze rozdělit způsoby řízení na **unipolární** ( na zátěži v jedné půlperiodě pouze jedna polarita napětí nebo 0 viz. obr.8 ) a **bipolární** ( na zátěži je v jedné periodě střídavé napětí obou polarit viz. obr.9 ). Pořadí spínání se určuje různými způsoby. Nejčastější je **dopředný** nebo **zpětnovazební**. U dopředného se pořadí určuje z požadovaného kmitočtu a napětí. Zpětnovazební srovnávají naměřené a zadané hodnoty. Posledním dělením PWM modulace je podle způsobu modulace a to :
  - **Asynchronní** ( spínací kmitočet konstantní a tedy asynchronní ke generovanému výstupnímu kmitočtu střídače )
  - **Synchronní** ( poměr spínacího a výstupního kmitočtu je soudělný )



Obr. 8 Průběh sdruženého napětí a proudu na výstupu střídače při unipolárním řízení [4]



Obr. 9 Průběh sdruženého napětí a proudu na výstupu střídače při bipolárním řízení [4]

- **Princip měniče kmitočtu**

Napájecí napětí, přiváděné do měniče se odruší pomocí filtru. Následně se pomocí obvykle diodového usměrňovače usměrní. Stejnosměrný meziobvod pak slouží pro vyhlazení již ss signálu, který přivedeme na vstup střídače. Střídač nám vytvoří zpět třífázový střídavý signál, s tím rozdílem, že můžeme měnit napětí a kmitočet. Výstup ze střídače je spojen s asynchronním motorem. Kmitočet měniče pak přímo odpovídá otáčkám motoru.

### 1.3 Kmitočtová regulace asynchronního motoru

Regulací kmitočtu asynchronních motorů lze v současnosti dosáhnout téměř srovnatelných vlastností, jako u motorů stejnosměrných. Střídavé motory mají mnohem lepší vlastnosti než stejnosměrné (zejména není potřebný komutátor), dá se tedy očekávat jejich další rozvoj a zdokonalování.

Při kmitočtové regulaci se mění synchronní rychlost motoru, indukované napětí  $U_i$  statoru je přímo úměrné magnetickému toku  $\Phi_M$  a kmitočtu  $f$ . Jestliže snížíme kmitočet  $f$  a napětí  $U_i$  zůstane konstantní, výsledkem je vyšší hodnota magnetického toku  $\Phi_M$ . To zároveň vede ke zvýšení magnetizačního proudu  $I_\mu$  a zahřátí motoru. Ke zmenšení magnetického toku  $\Phi_M$  dojde, jestliže kmitočet  $f$  zvýšíme při zachování konstantního napětí  $U_i$ . Počítáme-li s ustálenou hodnotou momentu na hřídeli motoru  $M$ , začíná stoupat hodnota rotorového proudu, vinutí se přehřívá a nevyužije se plně magnetického obvodu.

Z výše napsaného tedy plyne, že pro regulaci rychlosti je potřebné současné řízení kmitočtu s napětím nebo proudem. Nejpoužívanějším typem je ještě stále řízení **skalární**, to vyhovuje většině méně náročných aplikací bez požadavků na velkou dynamiku. V případě požadavku na vyšší přesnost a dynamiku jsou k dispozici řízení **vektorové** nebo regulace **přímým řízením momentu (DTC)**.

#### 1.3.1 Skalární řízení

Principem je udržení konstantního magnetického toku  $\Phi_s$ , toho dosáhneme udržením konstantního poměru mezi kmitočtem  $f$  a napětím  $U$  při kmitočtově-napěťovém řízení. Při řízení kmitočtově-proudovým pomocí vztahu mezi statorovým proudem  $I_s$  a magnetickým tokem  $\Phi$ , kdy řízení vychází ze závislosti statorového proudu na skluzové rychlosti.

Toto řízení nevyžaduje zpětnou vazbu a může tedy pracovat v režimu otevřené smyčky, jak již ale bylo naznačeno výše, nedosahuje takové přesnosti a zejména horšími dynamickými vlastnostmi. Zlepšení výsledků a přesnosti regulace lze docílit zavedením zpětné vazby.

#### 1.3.2 Vektorové řízení

U tohoto typu se nepřímo řídí magnetický tok a vnitřní moment motoru. Vycházíme ze statorového proudu  $I_s$ . Jeho prostorový vektor v souřadnicovém rotujícím systému rozložíme na dvě k sobě kolmé složky (momentovou a budicí). Vektor je orientován na statorový, rotorový, případně výsledný magnetický tok. Momentová složka  $I_s$  pak s přiřazeným vektorem magnetického toku určuje moment motoru. Budicí složka  $I_s$  stejného směru, jako vektor

magnetického toku mění magnetizaci motoru. Je nutné znát matematický model motoru, a změřit základní veličiny motoru.

Vektor magnetického toku lze určit buď přímo, změřením statorového napětí, proudu a znalostí matematického modelu rotoru pro získání skluzu. V tomto případě není nutné použití snímačů polohy rotoru nebo otáček. Nepřímo se vektor získá výpočtem z polohy rotoru a matematického modelu skluzu. Zde je již snímač polohy rotoru potřebný.

Vektorové řízení je určeno pro náročné aplikace, kde se využije výborná dynamika motoru a velká přesnost regulace odpovídající vlastnostem ss cize-buzeného motoru. Výhodou je také provoz i v průběhu přechodových jevů, což skalární řízení neumožňuje.

### **1.3.3 Přímé řízení momentu ( DTC )**

Základem tohoto řízení jsou hysterezní regulátory momentu a magnetického toku. Pro popis veličin motoru se opět využívá prostorových vektorů, ale pracuje se přímo ve statorových souřadnicích bez nutnosti rozkladu. Součinem prostorových vektorů magnetického toku statoru a rotoru, případně statorového proudu a toku získáme moment, který je řízen úhlem mezi vektory toku na statoru a rotoru.

Nezbytný je přesný model motoru, sloužící k výpočtu skutečných hodnot momentu, statorového magnetického toku a otáček na hřídeli. Zjišťují se z proudu a ss napětí v meziobvodu. Výpočty se provádí v intervalu každých 25  $\mu$ s, což dává velice přesný obraz o chování hřídele. Přesnost modelu se určuje z tzv. „identifikačního běhu“, prováděného při spouštění motoru. Získané hodnoty magnetického toku a momentu se srovnávají se skutečnými. Následné řízení se provádí dvouúrovňovou hysterezní logikou.

Hlavní výhodou a zárukou přesnosti je délka regulačního pochodu trvající již zmíněných 25  $\mu$ s. Tato nízká doba je umožněna nepotřebností samostatného modulátoru PWM, jenž je nezbytný u obou předchozích typů pro řízení kmitočtu a napětí. Zde je použit výkonný mikroprocesor. Momentová odezva je v řádech ms, moment je téměř lineární i v nulových otáčkách. Velmi dobrá je i přesnost otáček bez nutnosti použití čidla. Z uvedených vlastností plyne, že se jedná o v současné době asi nejdokonalejší metodu s velkou perspektivou. Vývojem se zabývá například firma ABB. [11]

## **2 ROZBOR MOŽNOSTÍ NASTAVENÍ PARAMETRŮ MĚNIČE KMITOČTU ALTIVAR 31**

Tento elektrický měnič firmy Telemecanique je určen k základnímu použití na pracovních strojích, ve výrobních linkách pro ovládání různých funkcí nebo k regulaci chodu, spouštění a zastavení malých ventilátorů, čerpadel, kompresorů nebo dmychadel. Díky variabilitě přizpůsobení se požadavkům, jednoduché obsluze řízení a zvýšeného standardu vstupních a výstupních periférií ho řadíme do skupiny produktů zvaných Simply Smart, čili jednoduše inteligentní. Měnič je vybaven vektorovým řízením otáček a momentu. Lze regulovat třífázové asynchronní motory ve výkonovém rozsahu 180W – 15kW. Napájení lze použít jednofázové 1 x 200/240 V a třífázové 3 x 200/240V, 3 x 380/500V nebo 3 x 525/600V. Spínací kmitočet lze nastavit od 2 do 16 kHz, výstupní je 0 – 500 Hz. Po dobu 1 minuty od výstupního kmitočtu 0,5 Hz je možné momentové přetížení 170 – 200%. Z hlediska funkční výbavy a velkého počtu vstupů a výstupů je Altivar 31 vhodný pro široké spektrum aplikací a patří mezi špičku dané kategorie měničů.

### **2.1 Základní funkce měniče**

#### **2.1.1 Tepelná ochrana měniče kmitočtu**

Přímá tepelná ochrana je u tohoto měniče zajištěna prostřednictvím čidla PTC, umístěného na chladiči nebo ve výkonovém polovodičovém modulu (IPM). Nepřímá tepelná ochrana je založena na průběžném výpočtu  $I^2t$ . Vypnutí ochranou nastává, jestliže proud motoru je roven 185% jmenovitého proudu měniče po dobu 2 s, případně 150% po dobu 60s.

#### **2.1.2 Chlazení měniče kmitočtu**

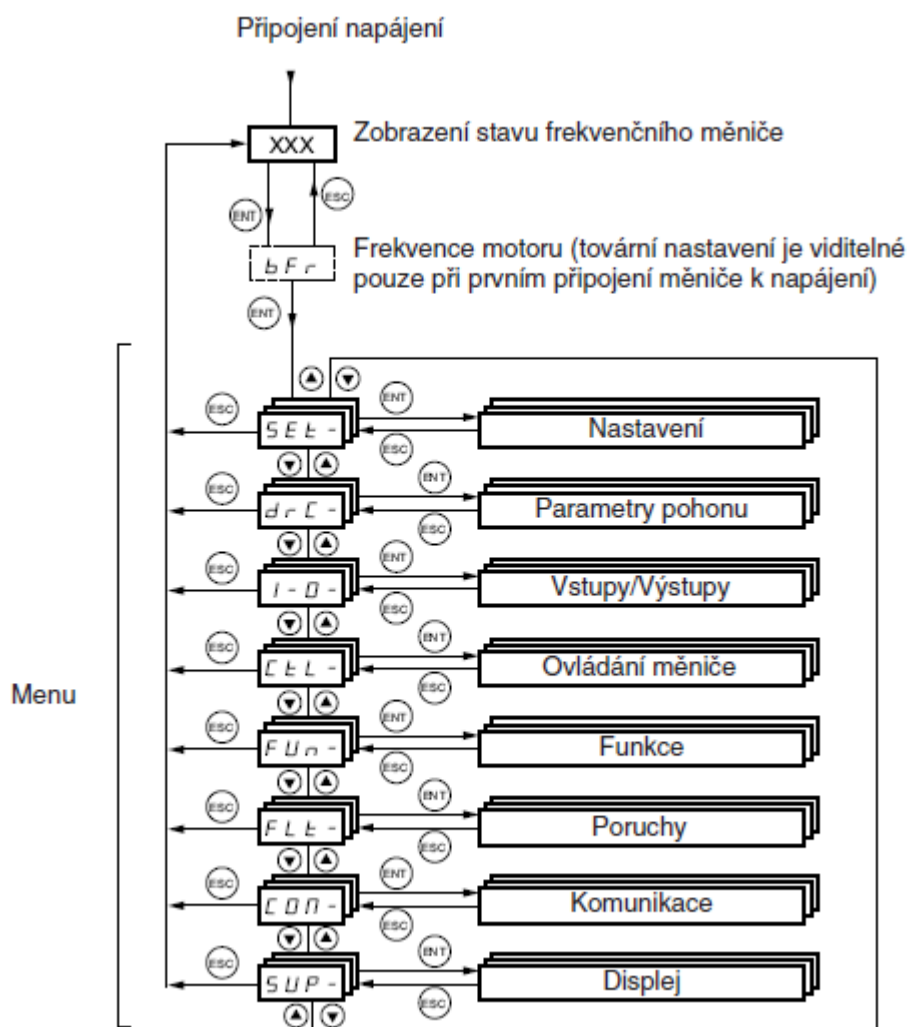
Chladičí ventilátor daného měniče se spouští současně s připojením k napájení a automaticky se vypne, pokud se do 10 s nespustí do chodu. Po uvedení do chodu se ventilátor opět automaticky spustí a vypne při výstupním kmitočtu  $< 0,2$  Hz.

#### **2.1.3 Tepelná ochrana motoru**

Nepřímá tepelná je opět založena na průběžném výpočtu  $I^2t$  a používá se pro motory s vlastním chlazením. Uložené vypočtené údaje se po odpojení od napájení vynulují.

## 2.2 Nastavování parametrů

Pro nastavování parametrů měniče Altivar 31 slouží program, obsahující menu s osmi hlavními nabídkami. Členění a popis menu lze vidět na obr. 10. Nastavení základních parametrů se provádí v menu SET-, menu drC- slouží k vložení parametrů motoru pohonu. Pro nastavení typu ovládání a funkcí vstupů a výstupů slouží menu I-O-. Obsluha měniče se provádí v menu CtL-. Fun- je rozděleno do dalších dvanácti submenu. Slouží například ke specifikaci požadavků rozjezdu a brzdění pohonu, nastavení otáček nebo PI regulátoru. Poslední tři nabídky jsou spíše doplňkové. Nabídka Flt- informuje o poruchách, COM- slouží pro konfiguraci připojení k externímu obslužnému terminálu a SUP- v podstatě funguje jako měřicí přístroj, zobrazuje hodnoty vybraných veličin motoru a měniče.



Obr.10 Popis a členění základního menu měniče kmitočtu Altivar 31 [12]

Základní ovládání se provádí pomocí obslužného terminálu. Zde se nachází 4 tlačítka. Prvním je **ENT**, má funkci potvrzovacího tlačítka, slouží pro vstup do menu, zobrazení hodnoty parametru a k uložení zobrazeného parametru nebo hodnoty. Druhým tlačítkem je **ESC**, vychází ze slova „escape“ ( „únik“ ), slouží tedy pro výstup z menu, vymazání zobrazené hodnoty a také pro návrat k předchozí hodnotě. Poslední dvě tlačítka, šipka nahoru **▲** a šipka dolů **▼**, se používají pro pohyb v menu vpřed nebo zpět a pro zvyšování nebo snižování hodnot parametrů.

Měnitelné parametry z jednotlivých menu programu měniče kmitočtu Altivar 31 jsou rozepsány v tabulkách, uvedených v příloze této práce. Detailně popsány, včetně vysvětlení činnosti, jsou pouze parametry, zobrazující se vždy. Ostatní parametry jsou závislé na aktivaci jiných funkcí nebo parametrů. Mimo menu displeje ( SUP- ) a menu nastavení ( SEt- ) je nutné, aby byl měnič kmitočtu při změně parametrů zablokován a motor se neotáčel.

### **2.2.1 Způsoby ovládání měniče kmitočtu a zadávání žádané hodnoty**

Obsluha měniče Altivar 31 je možná následujícími způsoby :

- **tEr** – ovládání ze svorkovnice logickými vstupy, zadávání žádané hodnoty analogovými vstupy AI1, AI2 nebo AI3
- **LOC** – ovládání klávesami RUN a STOP na obslužném terminálu, zadávání prostřednictvím potenciometru AIP ( pouze u ATV31xxxA )
- **LCC** – ovládá se pomocí příslušenství – vzdálený terminál připojený přes konektor RJ45, hodnoty se zadávají terminálem ATV31 ( ATV31xxxA ) nebo vzdáleným terminálem
- **Mdb** – používá se komunikační linka s protokolem Modbus – konektor RJ45
- **CAn** - používá se komunikační linka s protokolem CANopen – konektor RJ45

Prioritu jednotlivých způsobů ovládání a zadávání hodnot lze nastavit parametrem LAC ( viz. Příloha st.5 )

### **2.2.2 Menu FUn- ( Menu funkce )**

Tato nabídka je rozdělena do dvanácti podnabídek a slouží, jak již bylo uvedeno výše, k detailnímu nastavení např. možných způsobů rozjezdu, brzdění, ovládání externí brzdy nebo PI regulátoru.

Menu funkce tedy obsahuje následující podnabídky :

- **Submenu rampy ( rPC- )**
  - definuje se zde průběh rozběhu a doběhu
- **Režimy zastavení ( StC- )**
  - lze nastavit čtyři režimy zastavení po rampě, rychlé, volným doběhem a zastavení ss proudem
  - všechny režimy kromě zastavení po rampě je nutné pro podrobnější nastavení aktivovat logickým vstupem
- **Automatické dobrzdění po zastavení ( AdC- )**
- **Submenu součtových vstupů ( SA1- )**
  - v tomto menu lze sečíst jeden nebo dva analogové vstupy pro žádanou hodnotu
- **Předvolené otáčky ( PSS- )**
  - lze nastavit 2, 4, 8 nebo 16 předvolených otáček pomocí aktivace 1, 2, 3 nebo 4 logických vstupů
  - musí se zachovat pořadí PS2, PS4, PS8 a nakonec PS16
- **Pomalé otáčky ( JOG- )**
- **Submenu pro +/- zadávání otáček ( UPd- )**
  - aktivní pouze, pokud je nastaven parametr LAC = L2 nebo L3 ( viz. Příloha s.5)
  - lze vybrat 2 režimy činností :
    - použití dvou tlačítek ( jsou nutné 2 logické vstupy, jeden pro zadání + otáček a druhý pro – otáčky )
    - použití tlačítek s dvojnásobnou funkcí ( jen 1 vstup pro zadání + otáček )
    - tlačítko s dvojnásobnou funkcí pracuje tak, že při namáčknutí tlačítka dojde k sepnutí prvního kontaktu ( např. chod vpřed ) a po úplném stisknutí sepne i kontakt b



- **PI regulátor ( PI- )**
  - funkce ( skutečná hodnota regulované veličiny ) je aktivní konfigurací vstupů pro zpětnou vazbu ( AI1, AI2 nebo AI3 )
- **Ovládání externí brzdy ( bLC- )**
  - aktivní pouze, je-li nastaven parametr LAC = L2 nebo L3 (viz. Příloha st.5 )
  - externí elektromechanická brzda se ovládá pomocí relé R2 nebo logického výstupu AOC měniče kmitočtu
  - funkce umožňuje synchronizaci okamžiku odbrzdění brzdy s vytvořením dostatečného mechanického momentu na hřídeli stroje, to zamezuje propadnutí břemene a zabrzdění při nulových otáčkách
- **Přepnutí na druhé proudové omezení ( LC2- )**
  - aktivní pouze, je-li nastaven parametr LAC = L2 nebo L3
- **Přepínání sad parametrů motorů ( CHP- )**
  - v tomto submenu můžeme nakonfigurovat druhou sadu parametrů, např. při požadavku na dvě různé činnosti motoru
- **Přepínání sad parametrů motorů – vyhodnocení koncových poloh ( LSt- )**
  - aktivní pouze, je-li nastaven parametr LAC = L2 nebo L3
  - je možné použít jeden nebo dva koncové spínače pro jeden nebo dva směry otáčení
  - každému spínači náleží jeden logický vstup, aktivací příslušného vstupu dojde k zastavení motoru ( typ zastavení - viz. režimy zastavení StC-, Příloha st. 7 )
  - následný rozběh motoru musí být na obrácenou stranu

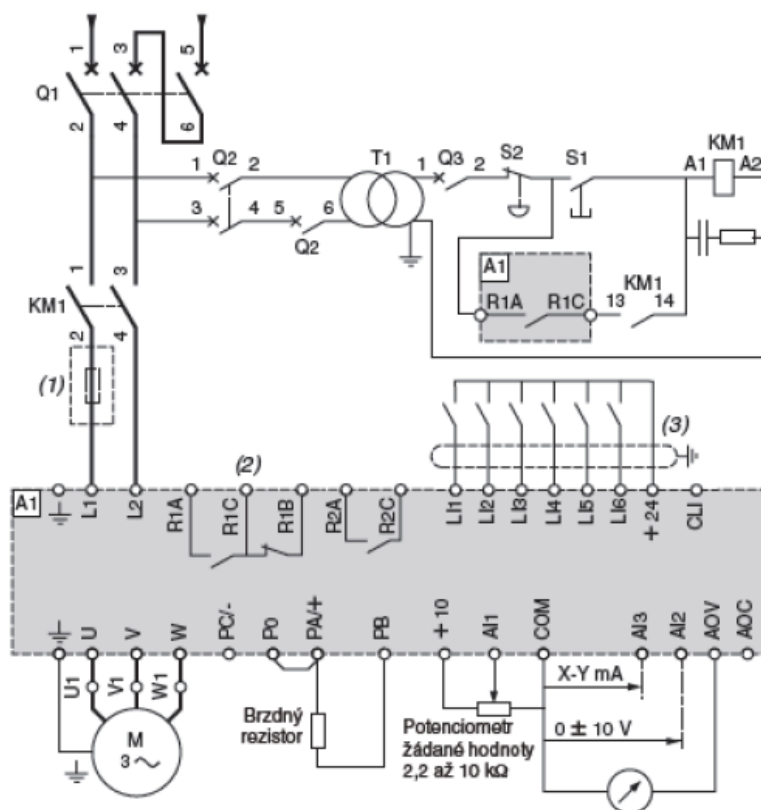
### 3 VYTVOŘENÍ SAD PARAMETRŮ PRO NAPÁJENÍ POHONU ZDVIHU V LABOLATOŘI E106

Pro pohon plošiny byl zvolen čtyřpólový asynchronní motor s kotvou nakrátko firmy NORD, typ SK 1SI50 – IEC63 – 63S/4 ( viz. obr. 1) . Je zapojen do trojúhelníku, napájen napětím 3 x 230 V ~ a je zde použita převodová skříň s poměrem 30. Základní jmenovité parametry motoru jsem vypsal do tabulky č.1. Brzda má brzdňý moment 5 Nm.

Tab. č.1. Jmenovité hodnoty motoru dle údajů výrobce a štítku motoru

Typ	$n$ [ ot/min. ]	$P$ [ kW ]	$I_{n\Delta}$ [ A ]	$M_n$ [ Nm ]	$\frac{M_{max}}{M_n}$ ( $q_m$ )	$\cos \varphi$	$\mu$ [ % ]	$J$ [ kgm <sup>2</sup> ]
SK 1SI50 – IEC63 – 63S/4 Bre5 TF	1280	0,12	0,6	0,86	2,7	0,75	49,9	0,00021

Řízení pohonu zdvihu zajišťuje reléová řídící jednotka, vycházející z doporučeného zapojení výrobce měniče kmitočtu ( viz. obr. 11 ). Pro určování polohy plošiny jsou zde magnetické snímače polohy.



Obr.11 Schéma zapojení měniče doporučované výrobcem [12]

Měnič kmitočtu řady Altivar 31, s přesným typovým označením ATV31C018M2, použitý u tohoto zařízení má tyto jmenovité hodnoty :

- Napájecí napětí:  $U = 230 \text{ V} \sim$
- Jmenovitý výkon:  $P_n = 180 \text{ W}$
- Jmenovitý proud:  $I_n = 1,5 \text{ A}$
- Maximální proud ( po dobu 60 sekund ) :  $I_{max} = 2,3 \text{ A}$

### **3.1 Původní použitá sada parametrů**

Měnič kmitočtu Altivar 31 umožňuje výběr ze čtyř variant řízení ( viz. Příloha st.2 - parametr UfT v menu Nastavení parametrů motoru drC- ). Výchozím továrním nastavením je řízení vektorové bez zpětné vazby ( N ). Toto řízení bylo nastaveno i v původní sadě parametrů a je z dostupných možností nejdokonalější.

V menu drC- byly dále zadány štítkové údaje, tedy jmenovité hodnoty jednotlivých veličin motoru. Podle výpočtů při návrhu soustavy byly změněny také doba rozběhu s dobou doběhu a minimální kmitočet pro dojezd plošiny.

Altivar 31 obsahuje ve svém programu rovněž funkci autotuning ( tUn ). Tento parametr se nachází v menu drC- (viz. Příloha st. 2 ). Měnič si pomocí autotuningu automaticky změří určité hodnoty motoru. Jednou z veličin je odpor vinutí statoru, jehož velikost měnič změří ve studeném stavu. Tato možnost byla v nastavení použita. Zjištěné hodnoty následně měnič použije pro úpravu parametrů tak, aby byl provoz neoptimálnější. Před jeho provedením je nutné nastavit v měniči všechny štítkové údaje motoru. Funkce se spouští při připojení k napájení nebo před každým povelu pro chod v závislosti na její konfiguraci a probíhá maximálně dvě vteřiny. Aktuální stav autotuningu lze zobrazit parametrem tUS.

Pro zastavení plošiny je použita externí brzda ovládána pomocí relé, označeném v menu vstupů a výstupů I-O- jako r2. Parametry brzdy byly nastaveny v podmenu bLC- (viz. Příloha st.9 ).

Důležité změny v nastavení měniče původní sady parametrů oproti továrnímu nastavení jsou uvedeny v tabulce č.2.

Tab. č.2 *Důležité parametry původní sady parametrů*

<b>Menu</b>	<b>Kód</b>	<b>Parametr</b>	<b>Nastavení</b>
SEt-	ACC	Doba rozběhu	3 s
	dEC	Doba doběhu	2 s
	SP2	2. přednastavené otáčky	4 Hz
	SP3	3. přednastavené otáčky	15 Hz
	SP4	4. přednastavené otáčky	20 Hz
drC-	UnS	Jmenovité napětí motoru	230 V
	FrS	Jmenovitý kmitočet motoru	50 Hz
	nCr	Jmenovitý proud motoru	0,6
	nSP	Jmenovité otáčky motoru	1280
	COS	Účinek motoru $\cos\varphi$	0,75
	rSC	Odpor vinutí statoru ve studeném stavu	In It
	tUn	Autotuning	POn
	UFt	Volba typu charakteristiky U/f	n
I-O-	r2	Relé 2	BLC
FUn-/StC-	Stt	Normální zastavení	FSt
FUn-/PSS	PS2	2 předvolené otáčky	LI3
	PS4	4 předvolené otáčky	LI4
FUn-/bLC-	bLC	Ovládání externí brzdy	r2
	brL	Kmitočet při odbrzdění	4 Hz
	brt	Doba odpadu brzdy	0,5 s
	bEt	Doba přitahu brzdy	0,5 s

### **3.2 Navrhovaná sada parametrů**

Základním úkolem analýzy bylo srovnání skutečné hodnoty kmitočtu a tedy i otáček motoru při různých pracovních režimech plošiny s hodnotou, udávanou měničem kmitočtu. Dále sestavení takové sady parametrů pro řízení, aby se kmitočet motoru ve všech provozních režimech a při ustálené rychlosti neměnil a odpovídal hodnotě, zobrazené na displeji měniče.

Před začátkem analýzy zdvihacího zařízení jsem nejprve prostudoval materiál s popisem návrhu a následné realizace elektrického pohonu zdvihu. Pak následovalo studium manuálu k měniči kmitočtu Altivar 31. Pro zvládnutí ovládání a nastavování parametrů v menu je možné použít i tzv. „self training“, což je interaktivní elektronický manuál, který umožňuje pomocí webového rozhraní procházení menu a nastavování parametrů virtuálním ovládacím terminálem.

Pro analýzu a následném nastavení parametrů jsem si zvolil čtyři základní provozní režimy pohonu. Těmito stavy jsou :

- Zdvih plošiny ( bez zatížení, stálá rychlost )
- Zdvih zatížené plošiny ( zátěž o hmotnosti 30 kg, stálá rychlost )
- Spouštění plošiny ( bez zatížení, stálá rychlost )
- Spouštění zatížené plošiny ( zátěž o hmotnosti 30 kg, stálá rychlost )

V těchto režimech jsem kromě vizuální kontroly pohybu plošiny změřil základní veličiny motoru. Těmi byly napětí vstupující do motoru, kmitočet, otáčky, síťový proud, proud jdoucí do motoru a nakonec výkon motoru. Bližší popis měření je popsán v podkapitole 4.1.

Po několika zkouškách ve všech provozních režimech jsem vyvodil, že je kmitočet motoru během jízdy nestálý a neodpovídá zadané hodnotě v menu měniče. Zejména při jízdě nahoru, tedy zdvihu plošiny, byl kmitočet vyšší až o 16 % oproti nastavenému. Hodnoty se téměř shodovali při jízdě dolů ( v režimu spouštění zatížené plošiny ). Napětí změřené na tachodynamu se lišilo od předpokladů, jelikož jeho velikost při zdvihu byla vyšší, než při spouštění. Otáčky motoru odpovídaly v tomto režimu nadsynchronním, a to při jakémkoliv zatížení. Vyplývá z toho, že by skluz byl záporný a motor pracoval v generátorické oblasti.

Jak již bylo zmíněno výše, v původním ( i továrním ) nastavení bylo zvoleno vektorové řízení bez zpětné vazby. Právě tato volba je důvodem měnicího se kmitočtu během provozu a neočekávaných hodnot napětí tachodynamu, tedy i velikosti otáček. Příčinou je snaha měniče o co nejoptimálnější provoz v každém okamžiku a tedy i úprava kmitočtu a napětí. Proto není tento typ řízení vhodný pro podmínku konstantního kmitočtu. Vektorové řízení by bylo možné použít se zpětnou vazbou, kdy se otáčky snímají pomocí čidla z hřídele motoru a lze udržet konstantního moment v celém rozsahu regulace.

Změna řízení pohonu se u měniče Altivar 31 provádí v menu drC- pod parametrem U/f ( viz. Příloha st.2 ). Funkce je nazvána jako „Volba typu charakteristiky U/f“. Ze zbývajících třech typů řízení jsem vybral skalární ( tedy  $L$  – konstantní moment zátěže nezávislý na otáčkách ). Zbývající typy řízení podle mě nejsou vhodné. Typ  $P$ , což představuje moment s kvadratickou závislostí na otáčkách, to se pro zadaný požadavek konstantního kmitočtu nehodí. Poslední možností je energeticky úsporný režim vhodný pro aplikace s kvadraticky proměnným momentem. Označena je v jako  $nLd$ . Úspornost znamená také nižší možnost zatížení, z tohoto důvodu jsem nepoužil ani tento typ.

Volbou skalárního řízení  $L$  se sice ustálil kmitočet na požadované hodnotě a motor vykazuje při jízdě i očekávané otáčky a skluz. Z tohoto hlediska jsou splněny požadavky. Skalární řízení u tohoto měniče je dle manuálu určeno především pro paralelně zapojené a speciální motory. Není tedy počítáno s jeho primárním použitím a nastavení některých dalších důležitých parametrů není oproti vektorovému pro toto řízení k dispozici. Zcela ideálního nastavení a provozu tak nebylo možné dosáhnout. Objevily se tak určité nedostatky, které jsem musel v co největší míře odstranit.

Největším problémem se stal rozjezd plošiny při maximální zátěži ( 30 kg ), kdy měnič nebyl schopen dodat motoru dostatečný moment. To jsem vyřešil zvýšením hodnoty funkce napětíového boostu ( parametr UFr - viz. Příloha st.1 ). Tento parametr má za úkol optimalizaci momentu při nízkých otáčkách. Jelikož jsem zvýšil hodnotu čtyřnásobně, oproti továrnímu nastavení, pozoroval jsem, zda motor bude stabilní a nezačne se příliš zahřívat. Toto se nepotvrdilo ani po delším nepřetržitém provozu v různých režimech a s maximální zátěží. Teploty, měřené měničem, se ani nepřiblížili ke kritickým hodnotám. Neprojevilo se ani náznak případné nestability.

Dále jsem se potýkal s konfigurací dojezdu. Plošina při ponechání původního nastavení nedojela až ke snímači, který zajišťuje zastavení a odpojení brzdy a motoru. Pohon tak zůstal spuštěn v režimu nízkých otáček bez pohybu plošiny. Při dojezdu směrem dolů byla nastavená doba příliš krátká a brzda tak zejména při vyšším zatížení nestačila dostatečně zpomalit plošinu. Tyto skutečnosti jsem částečně vyřešil úpravou doby rozběhu a doby doběhu ( parametry ACC a dEC - viz. Příloha st.1 ). Nepodařil se mi ale nastavit tak dokonalý průběh dojezdu, zejména u spouštění směrem dolů, jako u vektorového řízení bez zpětné vazby. Jedním z důvodů je i nemožnost nastavit v programu měniče zvlášť parametry pro dojezd směrem nahoru a dojezd směrem dolů.

Program měniče Altivar 31 obsahuje v menu funkce ( FUn- ) také možnost nastavení režimu zastavení ( submenu StC-, viz. Příloha st.7 ). Na výběr jsou čtyři typy zastavení – po rampě, volným doběhem, rychlé zastavení a zastavení stejnosměrným protiproudem. Z těchto možností jsem po zkouškách vybral rychlé zastavení ( FSt ), jenž nejlépe vyhovovalo podmínkám.

Abych zabránil případným problémům, nastavil jsem ještě v menu Set- parametr tLS ( viz. Příloha st.1 ), tedy omezení doby provozu na nízkých otáčkách, na hodnotu 2 s, což by nouzově vyřešilo výše uvedený problém se spuštěným motorem bez činnosti.

V souvislosti s rozjezdem a dojezdem plošiny je důležité určit druhé ( nízké ), případně třetí nebo čtvrté otáčky motoru pro správný průběh ramp. Žádané nízké otáčky se nastavují v menu Set- pod parametrem LSP ( viz. Příloha st.1 ) zadáním kmitočtu. Tuto hodnotu jsem ponechal na 4 Hz, což odpovídá synchronním otáčkám  $n_s$  120 ot./m. Pro použití třetích, čtvrtých, případně dalších otáček ( až 16 ) se musí aktivovat parametr PS2 ( 1. a 2. předvolené otáčky ) a následně PS4 ( 3. a 4. ), PS8 až PS16 pro další otáčky v submenu PSS- menu funkce FUn- ( viz. Příloha st.8 ). Pro můj případ jsem aktivoval parametry PS2 a PS4 a nastavil 3. otáčky na 10 Hz a 4. na 15 Hz, z důvodu vhodnějšího průběhu dojezdu.

Během provozních zkoušek nově nastavené sady parametrů také nastaly dvě nečekané události. Obě souvisely s dojezdem ve směru dolů. Jednalo se o to, že se neaktivoval magnetický snímač, řídící brzdu motoru, a plošina dojela až na koncový spínač, který zablokoval možnost opětovného rozjezdu. Prvním důvodem byl příliš krátký čas nastavený pro parametr dojezdu. Ztráta jednoho ze snímačů umístěného na gumovém řemenu, který udává polohu plošiny, byla příčinou druhou.

Další chyby v řízení jsem již nenalezl, proto jsem nechal ostatní parametry v továrním nastavení, případně na původně nastavených hodnotách.

Závěrem lze uvést, že má měnič velmi propracované funkce zabráňující poškození jak motoru tak sebe samotného. Dále lze nastavit parametry pro automatické řešení nejrozumnějších typů případných poruch a neočekávaných událostí. Tyto funkce lze aktivovat v menu FLt- ( viz. Příloha st. 11 – 13 )

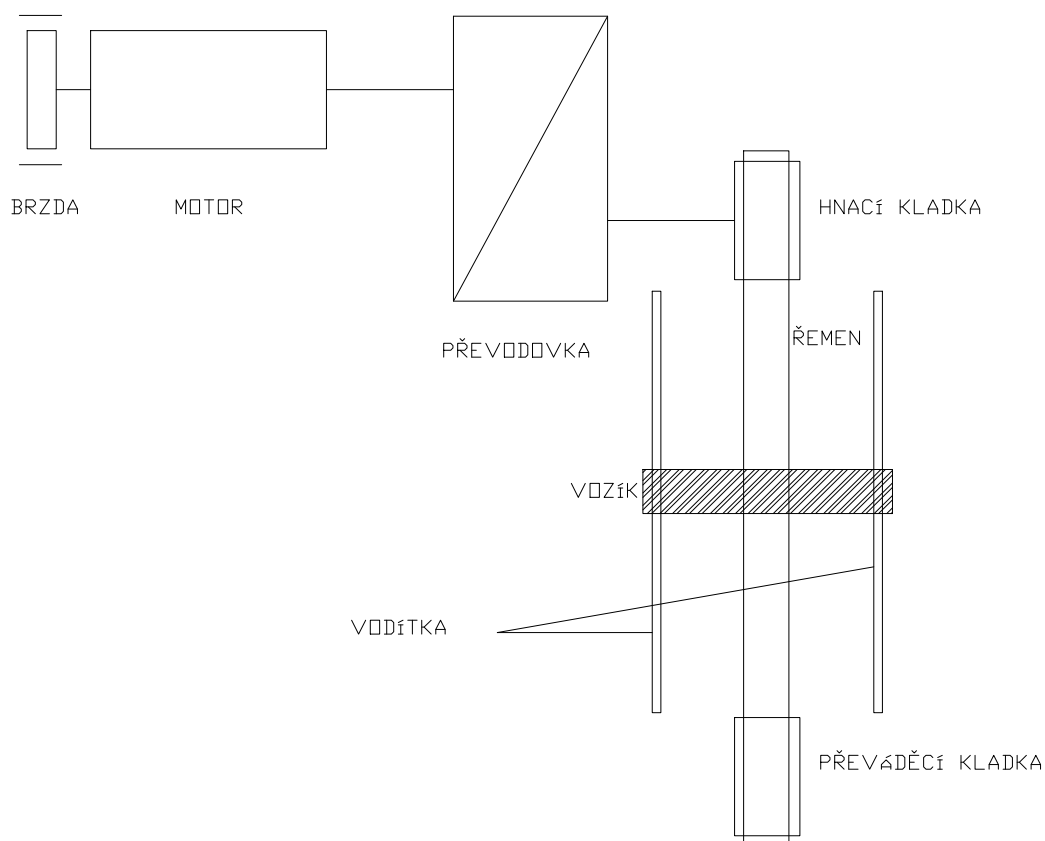
Tab. č.3 *Důležité parametry nové sady parametrů*

Menu	Kód	Parametr	Nastavení
SEt-	ACC	Doba rozběhu	2,1 s
	dEC	Doba doběhu	2,9 s
	LSP	Nízké otáčky	4 Hz
	HSP	Vysoké otáčky	50 Hz
	UFr	IR kompenzace / napěťový boost	80 %
	SP2	2. přednastavené otáčky	4 Hz
	SP3	3. přednastavené otáčky	10 Hz
	SP4	4. přednastavené otáčky	15 Hz
	tLS	Omezení doby provozu na nízkých otáčkách	2 s
drC-	UnS	Jmenovité napětí motoru	230 V
	FrS	Jmenovitý kmitočet motoru	50 Hz
	nCr	Jmenovitý proud motoru	0,6
	nSP	Jmenovité otáčky motoru	1280
	COS	Účinník motoru $\cos\phi$	0,75
	rSC	Odpor vinutí statoru ve studeném stavu	OFF
	tUn	Autotuning	OFF
	UFt	Volba typu charakteristiky U/f	L
I-O-	r2	Relé 2	BLC
FUn-/StC-	Stt	Normální zastavení	FSt
FUn-/PSS	PS2	2 předvolené otáčky	LI3
	PS4	4 předvolené otáčky	LI4
FUn-/bLC-	bLC	Ovládání externí brzdy	r2
	brL	Kmitočet při odbrzdění	4 Hz
	brt	Doba odpadu brzdy	0,5 s
	bEt	Doba přitahu brzdy	0,5 s



#### **4 OVĚŘENÍ CHOVÁNÍ POHONU – ZMĚŘENÍ DŮLEŽITÝCH VELIČIN POHONU PRO ZADANÉ REŽIMY**

Pro kontrolu a ověření funkčnosti pohonu s nově nastavenými parametry a srovnáním s původními jsem provedl kontrolní měření. Soustava pro zdvih je umístěna v laboratoři E106. Měřeno bylo při optimálních provozních podmínkách. Teplota se pohybovala v rozmezí 20 – 22 °C. Měnič kmitočtu byl napájen přes transformátor 230/24 V ~, jistěný pojistkami s hodnotami 1,25 A na primárním vinutí a 1 A na sekundárním. Schéma soustrojí je vidět na obr. 12, základní technické údaje poté v tabulce č.4.



Obr.12 Schéma pohonu zdvihu v laboratoři E106 [12]

Tab. č.4 Základní údaje soustavy pro zdvih v laboratoři E106

Nosnost plošiny	$m_z$	30 kg
Hmotnost plošiny	$m_p$	22,764
Průměr převáděcí kladky	$d_k$	46 mm
Převod převodovky	$i_p$	30
Celková účinnost převodovky ( z katalogu výrobce )	$\eta_p$	0,66
Tření ve vodících vozíku	$F_{tř}$	30 N
Třecí moment při 1 ‰ přepětí řemenu	$M_{třř}$	0,3 Nm
Požadovaná rychlost vozíku	$v$	0,1 m/s
Doba rozběhu	$t_r$	3 sec.
Doba zpomalení	$t_s$	2 sec.

#### 4.1 Přehled měřených veličin a použitých měřících přístrojů

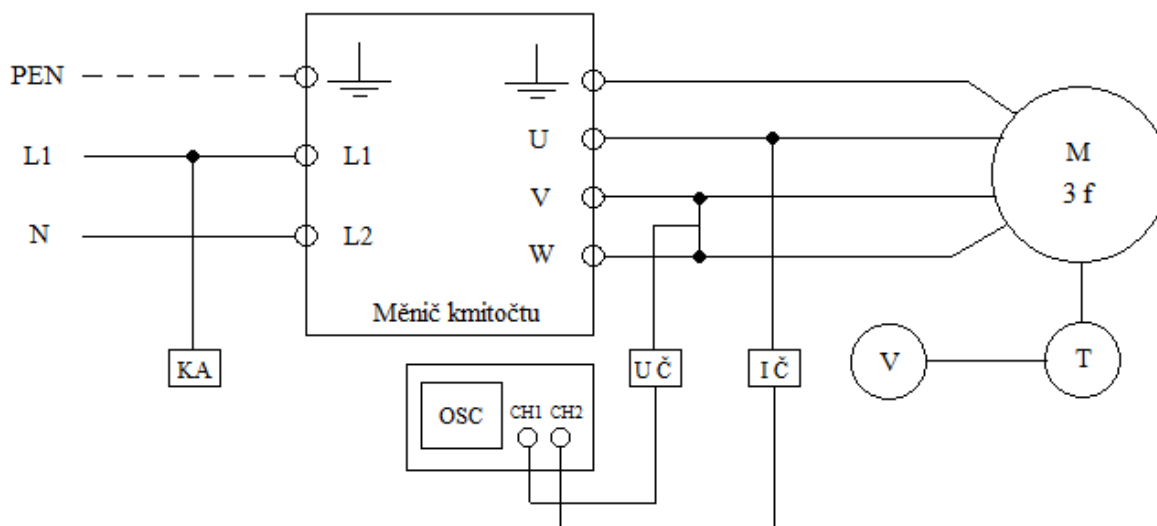
Na soustrojí pro zdvih jsem provedl kontrolní měření. Měřenými veličinami byly otáčky  $n$ , kmitočet  $f_{osc}$ , napětí motoru  $U$ , síťový proud  $I_s$ , proud jdoucí do motoru  $I_M$  a výkon motoru  $P_M$ .

Otáčky motoru  $n$  jsem zjišťoval z hodnot napětí, odečítaných u tachodynamu motoru pomocí multimetru MASTECH MY64. Hodnoty napětí jsem poté přepočítal na otáčky s převodem 50 otáček na 1 V.

Pro získání hodnoty napětí motoru  $U$  jsem musel použít napěťové čidlo, jehož výstup jsem připojil k osciloskopu. Ze zobrazeného průběhu jsem poté zjistil hodnotu požadovaného napětí, kterou ale ještě bylo nutné převést, jelikož výsledek na osciloskopu byl čidlem dvě-stě krát zmenšen. Z průběhu napětí jsem také osciloskopem změřil kmitočet  $f_{osc}$ .

Síťový proud  $I_s$  byl změřen pomocí klešťového ampérmetru SE-02 AC/DC. Proud jdoucí do motoru  $I_M$  jsem určil podobně jako napětí použitím osciloskopu AGILENT DSO3102A. Taktéž bylo potřeba pracovat s proudovým čidlem. Údaj ve voltech stanovený z naměřeného průběhu jsem dále upravil na ampéry přepočtem s úměrou 1 V = 5 A. Napěťové i proudové čidlo bylo napájeno ze školního zdroje BK 125 napětím 15 V.

Poslední sledovanou veličinou byl výkon motoru. Zde jsem vycházel z hodnoty, zobrazující se přímo na displeji měniče kmitočtu v podobě procentuální části z jmenovitého výkonu motoru, vypočteného ze zadaných parametrů v menu drC- programu Altivaru 31. Na obr. 13 je vidět schéma zapojení při měření.



Obr.13 Schéma zapojení při měření

*KA – klešťový ampérmetr, OSC – osciloskop, U Č – napěťové čidlo, I Č – proudové čidlo,  
V – voltmetr, T – tachodynamo, M - motor*

## 4.2 Naměřené hodnoty a průběhy měřených veličin

Výše uvedené měřené veličiny jsem určoval v těchto provozních režimech :

- Zdvih plošiny ( bez zatížení )
- Zdvih maximálně zatížené plošiny ( zátěž o hmotnosti 30 kg )
- Zdvih plošiny s poloviční zátěží ( zátěž o hmotnosti 15 kg )
- Spouštění plošiny ( bez zatížení )
- Spouštění maximálně zatížené plošiny ( zátěž o hmotnosti 30 kg )
- Spouštění plošiny s poloviční zátěží ( zátěž o hmotnosti 15 kg )

Kmitočet motoru jsem měničem nastavil na hodnotu 50 Hz.

#### 4.2.1 Výsledky při vektorovém řízení ( $N$ )

V následujících tabulkách č. 5 a 6 jsou uvedeny hodnoty měřených veličin ( viz. 4.1 ) pro nastavenou sadu parametrů s vektorovým řízením.

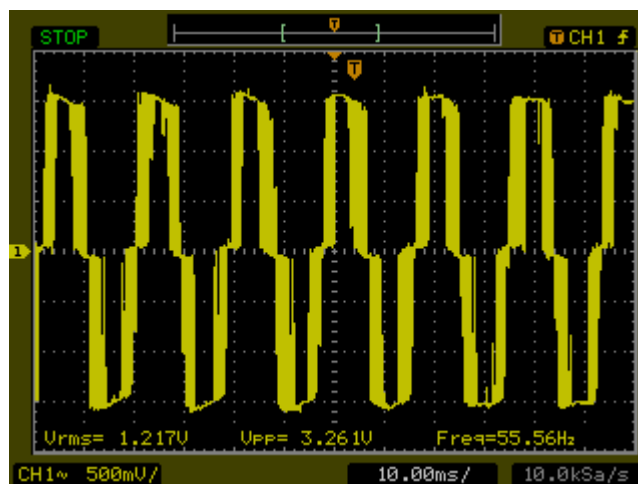
Tab. č.5 a 6 Naměřené hodnoty při vektorovém řízení

Provozní režim	$n$ [ ot./min. ]	$f_{osc}$ [ Hz ]	$U$ [ V ]
Nahoru nezatížený	1515	55,56	252,6
Dolů nezatížený	1500	51,81	254,2
Nahoru - zatížení 15 kg	1510	56,25	255,0
Nahoru - zatížení 30 kg	1515	58,14	242,8
Dolů - zatížení 15 kg	1475	50,96	255,8
Dolů - zatížení 30 kg	1485	49,26	256,0

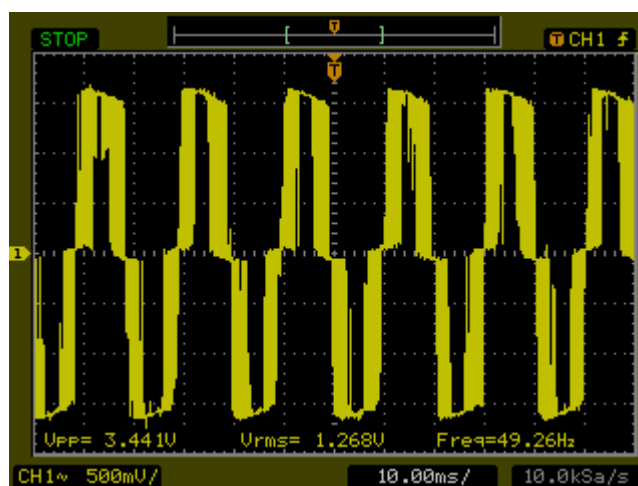
Provozní režim	$I_S$ [ A ]	$I_M$ [ A ]	$P_M$ [ W ]
Nahoru nezatížený	0,806	0,687	92,4
Dolů nezatížený	0,550	0,695	36,0
Nahoru - zatížení 15 kg	0,932	0,679	123,6
Nahoru - zatížení 30 kg	1,1	0,783	153,6
Dolů - zatížení 15 kg	0,505	0,759	22,8
Dolů - zatížení 30 kg	0,475	0,763	8,4

Níže zobrazené průběhy na obr. 14 až 18 zobrazují chování motoru ve vybraných provozních režimech při vektorovém řízení a kmitočtu 50 Hz nastaveného měničem. Na obr. 16 až 18 představuje žlutý signál CH 1 napětí motoru  $U$  a zelený CH 2 proud do motoru  $I_M$ .

Výkon naměřený měničem přibližně odpovídal očekávaným hodnotám, viz. vypočítané hodnoty v tabulce č. 9, pouze při nezatížené plošině. Zejména měničem naměřených 22,8 W se zátěží 15 kg a 8,4 W se zátěží 30 kg oproti vypočteným 52,05 W resp. 75,43 W při jízdě dolů nelze brát příliš objektivně. Důvodem může být nepřesný způsob získávání údaje měničem. Vypočtené hodnoty také nelze brát jako zcela přesné, počítá se totiž s pouze odhadnutým třením.



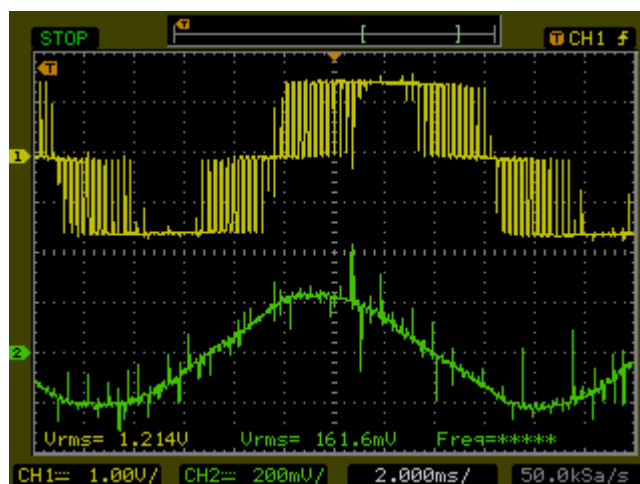
Obr.14 Průběh napětí motoru  $U$  při jízdě nahoru nezatížené plošiny



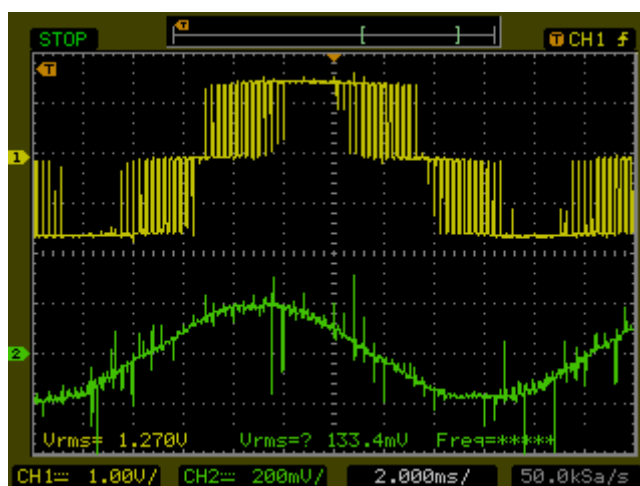
Obr.15 Průběh napětí motoru  $U$  při jízdě dolů a zátěži 30 kg

Na obrázcích si můžeme všimnout, mimo logicky vyšší hodnoty napětí při jízdě dolů a zátěži 30 kg, údaje o kmitočtu, kdy při zdvihu byla naměřena hodnota 55,56 Hz, tedy o více než 10% vyšší, než parametr nastavený měničem, kmitočet při spouštění a plné zátěži v podstatě odpovídal hodnotě nastavené.

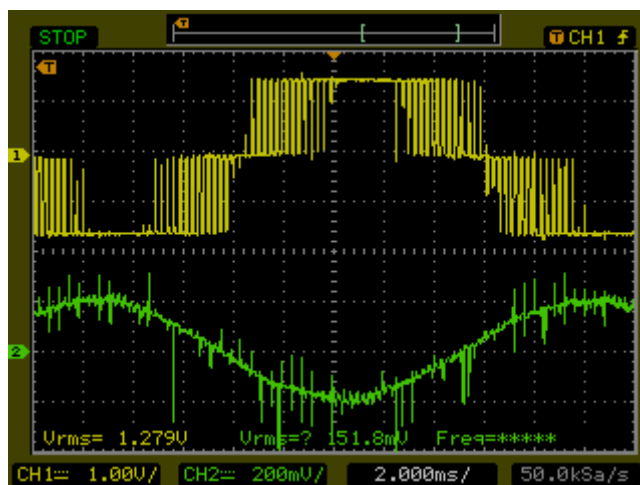
Snímky z osciloskopu na obr. 16 – 18 zachycují současně měřené napětí a proud do motoru. V jednotlivých režimech jsou i zvětšené průběhy od sebe nerozeznatelné. Upozornit lze na nižší velikost napětí při zdvihu plošiny s plnou zátěží. Hodnota 242,8 V je o více než 10 V menší, než u dalších měřených režimů s touto sadou parametrů. Zjištěný kmitočet byl naopak nejvyšší, když nastavenou hodnotu přesáhla o 8 Hz. Se zatížením 15 kg bylo napětí při zdvihu i spouštění téměř shodné. Velikost procházejícího proudu byla vyšší při jízdě dolů.



Obr.16 Detail průběhu napětí motoru  $U$  a proudu do motoru  $I_M$  při jízdě nahoru a zátěži 30 kg



Obr.17 Detail průběhu napětí motoru  $U$  a proudu do motoru  $I_M$  při jízdě nahoru a zátěži 15 kg



Obr.18 Detail průběhu napětí motoru  $U$  a proudu do motoru  $I_M$  při jízdě dolů a zátěži 15 kg

#### 4.2.2 Výsledky při řízení konstantním momentem ( $L$ )

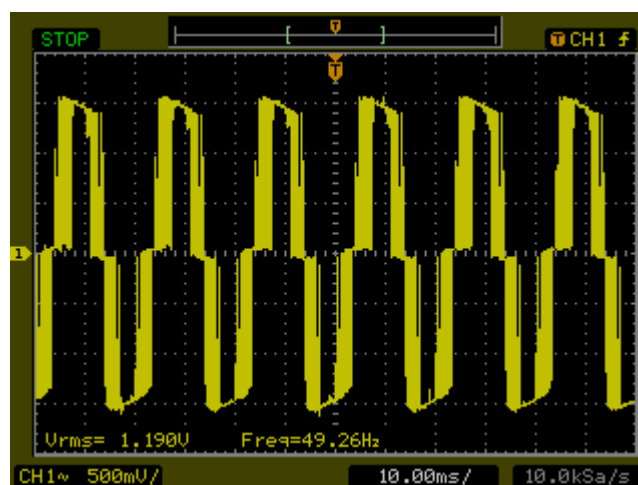
V následujících tab. č. 7 a 8 jsou uvedeny hodnoty měřených veličin ( viz. 4.1 )

Tab. č. 7 a 8 Naměřené hodnoty při řízení konstantním momentem

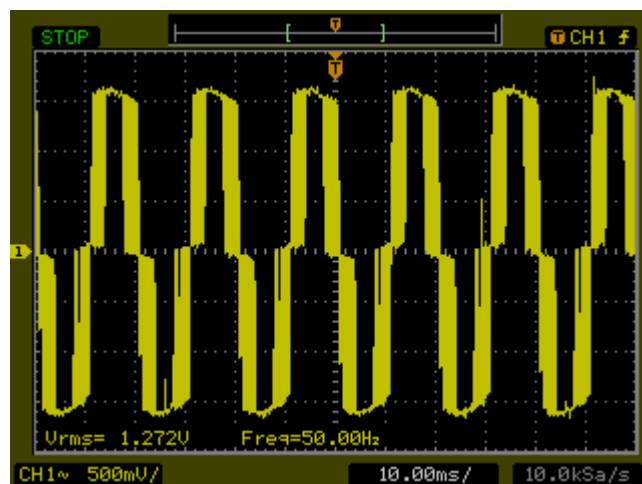
Provozní režim	$n$ [ ot./min. ]	$f_{osc}$ [ Hz ]	$U$ [ V ]
Nahoru nezatížený	1410	50	244,6
Dolů nezatížený	1460	50	247,0
Nahoru - zatížení 15 kg	1385	50	244,4
Nahoru - zatížení 30 kg	1345	49,26	248,8
Dolů - zatížení 15 kg	1470	50	241,1
Dolů - zatížení 30 kg	1485	50	235,2

Provozní režim	$I_s$ [ A ]	$I_M$ [ A ]	$P_M$ [ W ]
Nahoru nezatížený	0,836	0,757	93,6
Dolů nezatížený	0,589	0,729	36,0
Nahoru - zatížení 15 kg	0,910	0,767	124,8
Nahoru - zatížení 30 kg	1,045	0,848	154,8
Dolů - zatížení 15 kg	0,530	0,715	24,0
Dolů - zatížení 30 kg	0,463	0,705	10,8

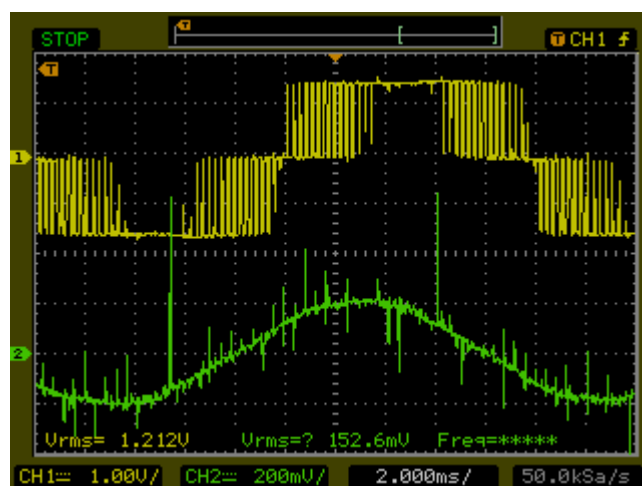
Níže zobrazené průběhy na obr. 19 až 22 zobrazují chování motoru v různých provozních režimech při řízení  $L$  a kmitočet  $f$  50 Hz nastavený měničem. Na obr. 21 a 22 představuje žlutý signál CH 1 napětí motoru  $U$  a zelený CH 2 proud do motoru  $I_M$ .



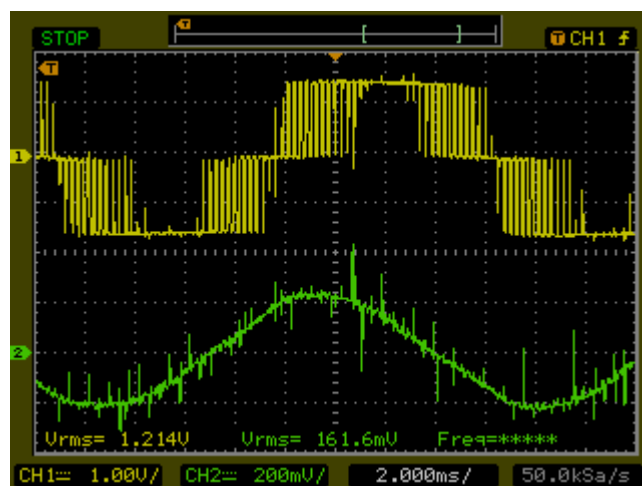
Obr.19 Průběh napětí motoru  $U$  při jízdě nahoru a zátěží 30 kg



Obr.20 Průběh napětí motoru  $U$  při jízdě dolů nezatížené plošiny



Obr.21 Detail průběhu napětí motoru  $U$  a proudu do motoru  $I_M$  - nahoru, nezatížená plošina



Obr.22 Detail průběhu napětí motoru  $U$  a proudu do motoru  $I_M$  - nahoru, zatížení 30 kg



Uvedené průběhy se od sebe napohled příliš neliší. Je to způsobeno jednak použitým osciloskopem, jenž neposkytuje pro potřebnou časovou konstantu dostatečné rozlišení. Dále také měření při konstantním kmitočtu 50 Hz, kdy nejsou rozdíly při různém zatížení a provozech tak patrné. Hodnoty jednotlivých signálů, zobrazené na obrázcích z osciloskopu jsou naměřené přes proudové nebo napěťové čidlo. Je potřeba je tedy přepočítat podle příslušných poměrů.

### 4.3 Výpočet důležitých parametrů motoru při daných provozních režimech

Ze základních údajů soustavy pro zdvih lze vypočítat moment na hřídeli motoru a příkon motoru pro různé zatížení a provozní režimy. Kmitočet je 50 Hz.

- **Moment na hřídeli a příkon motoru při zdvihu prázdné plošiny**

Sílu  $F_{0z}$  působící proti pohybu plošiny zjistím z hmotnosti plošiny :

$$m_p = 22,764 \text{ kg} \Rightarrow F_p = m_p \cdot g = 22,764 \cdot 9,81 = \underline{223,31 \text{ N}}$$

Při uvažování tření vodítek  $F_{tř}$  získáme, že celková síla působící  $F_{0z}$  je :

$$F_{0z} = F_p + F_{tř} = 223,31 + 30 = \underline{253,31 \text{ N}}$$

Moment na hřídeli motoru lze vypočítat podle vztahu :

$$M_{0z} = \frac{F_{0z} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{253,31 \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3}{0,66 \cdot 30} = \underline{0,309 \text{ Nm}}$$

Výkon motoru určím pomocí vzorce :

$$P_{0z} = M_{0z} \cdot \omega = 0,309 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{97,07 \text{ W}}$$

Účinnost použitého motoru  $\mu = 49,9\% \Rightarrow$  Příkon zjistím jako :

$$P_{p0z} = \frac{P_{0z}}{\mu} = \frac{97,07}{0,499} = \underline{194,23 \text{ W}}$$

- **Moment na hřídeli a příkon motoru při spouštění prázdné plošiny**

$$m_p = - 22,764 \text{ kg} \Rightarrow F_p = m_p \cdot g = - 22,764 \cdot 9,81 = \underline{- 223,31 \text{ N}}$$

$$F_{0s} = F_p + F_{tř} = ( - 223,31 ) + 30 = \underline{- 193,31 \text{ N}}$$

$$M_{0s} = \frac{F_{0s} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{[ ( - 193,31 ) \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3 ] \cdot 0,66}{30} = \underline{- 0,09 \text{ Nm}}$$

$$P_{0s} = M_{0s} \cdot \omega = - 0,09 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{- 28,66 \text{ W}}$$

$$P_{p0s} = P_{0s} \cdot \mu = - 28,66 \cdot 0,499 = \underline{- 14,3 \text{ W}}$$

- **Moment na hřídeli a příkon motoru při zdvihu se zátěží 15 kg a 30 kg**

$$m_{z15} = m_p + m_z = 22,764 + 15 = 37,764 \text{ kg} \Rightarrow F_{z15} = \underline{370,46 \text{ N}}$$

$$F_{15z} = F_{z15} + F_{tř} = 370,46 + 30 = \underline{400,46 \text{ N}}$$

$$M_{15z} = \frac{F_{15z} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{400,46 \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3}{0,66 \cdot 30} = \underline{0,48 \text{ Nm}}$$

$$P_{15z} = M_{15z} \cdot \omega = 0,48 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{150,9 \text{ W}}$$

$$P_{p15z} = \frac{P_{15z}}{\mu} = \frac{150,9}{0,499} = \underline{302,4 \text{ W}}$$

$$m_{z30} = m_p + m_z = 22,764 + 30 = 52,764 \text{ kg} \Rightarrow F_{z30} = \underline{517,61 \text{ N}}$$

$$F_{30z} = F_{z30} + F_{tř} = 517,61 + 30 = \underline{547,61 \text{ N}}$$

$$M_{30z} = \frac{F_{30z} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{547,61 \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3}{0,66 \cdot 30} = \underline{0,651 \text{ Nm}}$$

$$P_{30z} = M_{30z} \cdot \omega = 0,651 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{204,6 \text{ W}}$$

$$P_{p30z} = \frac{P_{30z}}{\mu} = \frac{204,6}{0,499} = \underline{410,02 \text{ W}}$$

- **Moment na hřídeli a příkon motoru při spouštění se zátěží 15 kg a 30 kg**

$$m_{z15} = m_p + m_z = -22,764 + -(15) = -37,764 \text{ kg} \Rightarrow F_{z15} = -\underline{370,46 \text{ N}}$$

$$F_{15s} = F_{z15} + F_{tř} = -370,46 + 30 = \underline{340,46 \text{ N}}$$

$$M_{15s} = \frac{F_{15s} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{\left[(-340,46) \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3\right] \cdot 0,66}{30} = \underline{-0,166 \text{ Nm}}$$

$$P_{15s} = M_{15s} \cdot \omega = -0,166 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{-52,05 \text{ W}}$$

$$P_{p15s} = P_{15s} \cdot \mu = -52,05 \cdot 0,499 = \underline{-25,97 \text{ W}}$$

$$m_{z30} = m_p + m_z = -22,764 + (-30) = -52,764 \text{ kg} \Rightarrow F_{z30} = -\underline{517,61 \text{ N}}$$

$$F_{30s} = F_{z30} + F_{tř} = 517,61 + 30 = \underline{-487,61 \text{ N}}$$

$$M_{30s} = \frac{F_{30s} \cdot \frac{d_k}{2} + M_{třř}}{\eta_p \cdot i} = \frac{\left[(-487,61) \cdot \frac{0,046}{2} + 0,3\right] \cdot 0,66}{30} = \underline{-0,24 \text{ Nm}}$$

$$P_{30s} = M_{30s} \cdot \omega = 0,651 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 = \underline{-75,43 \text{ W}}$$

$$P_{p30s} = P_{30s} \cdot \mu = -75,43 \cdot 0,499 = \underline{-37,64 \text{ W}}$$

Tab. č.9 Souhrn vypočtených hodnot

Provozní režim	$M$ [ Nm ]	$P$ [ W ]	$P_p$ [ W ]
Nahoru nezatížený	0,309	97,07	194,23
Dolů nezatížený	0,09	28,66	14,3
Nahoru - zatížení 15 kg	0,48	150,90	302,40
Nahoru - zatížení 30 kg	0,651	204,60	410,02
Dolů - zatížení 15 kg	0,166	52,05	25,97
Dolů - zatížení 30 kg	0,24	75,43	37,64

Vypočtené hodnoty nemusí být zcela přesné, jelikož jsem počítal s pouze odhadnutými hodnotami tření na vodičích a třecího momentu přepětí řemenu.

- **Mechanické charakteristiky**

Na obr. 23 jsou zobrazeny mechanické charakteristiky, vycházející z jmenovitých hodnot při kmitočtovém řízení  $U/f = \text{konst.}$  pro kmitočty 30, 40 a 50 Hz. Příklad výpočtu je uveden níže.

Nejprve je potřeba určit maximální moment, jmenovitý skluz a skluz zvratu pomocí vzorců 1.6 až 1.8, uvedených v podkapitole 1.1.3.

$$M_{\max n} = M_n \cdot q_m = 0,86 \cdot 2,7 = \underline{2,322 \text{ Nm}}$$

$$s_n = \frac{n_{0n} - n_n}{n_{0n}} = \frac{1500 - 1335}{1500} = \underline{0,11}$$

$$s_{kn} = s_n \left( q_M + \sqrt{q_M^2 - 1} \right) = 0,11 \left( 2,7 + \sqrt{2,7^2 - 1} \right) = \underline{0,573}$$

Skluz zvratu pro aktuální kmitočet 30 Hz určím ze vztahu 1.10

$$s_k = s_{kn} \cdot \left( \frac{f_{1n}}{f_1} \right) = 0,573 \cdot \frac{50}{30} = \underline{0,955}$$

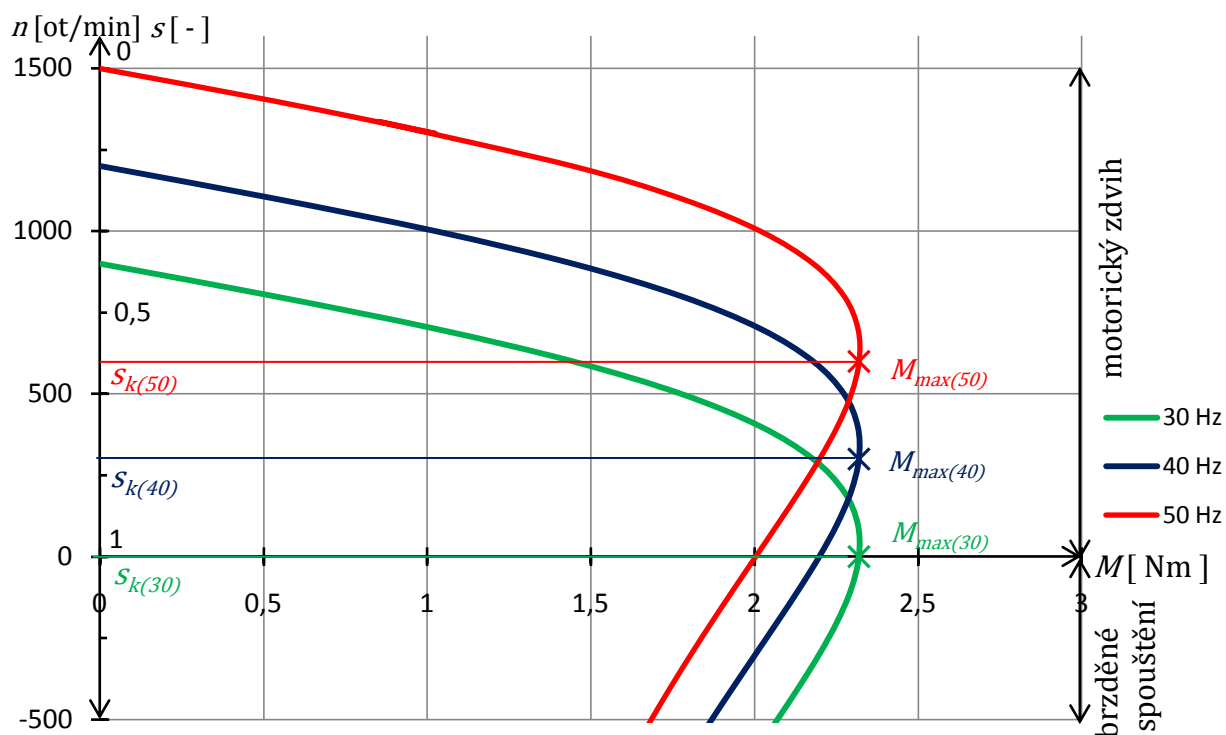
Moment při kmitočtu 30 Hz a 500 ot./min. získám použitím vzorce 1.3.

$$M = \frac{2 \cdot M_{\max}}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} = \frac{2 \cdot 2,322}{\frac{0,44}{0,955} + \frac{0,955}{0,44}} = \underline{1,776 \text{ Nm}}$$

Tab. č.10 Vypočtené hodnoty pro vykreslení mechanických charakteristik

	30 Hz		40 Hz		50 Hz	
<i>n</i> [ ot. ]	<i>s</i> [ - ]	<i>M</i> [ Nm ]	<i>s</i> [ - ]	<i>M</i> [ Nm ]	<i>s</i> [ - ]	<i>M</i> [ Nm ]
-500	1,556	2,071	1,417	1,870	1,333	1,685
-400	1,444	2,136	1,333	1,936	1,267	1,744
-300	1,333	2,198	1,250	2,003	1,200	1,806
-200	1,222	2,253	1,167	2,071	1,133	1,870
-100	1,111	2,296	1,083	2,136	1,067	1,936
0	1,000	2,320	1,000	2,198	1,000	2,003
100	0,889	2,316	0,917	2,253	0,933	2,071
200	0,778	2,274	0,833	2,296	0,867	2,136
300	0,667	2,180	0,750	2,320	0,800	2,198
400	0,556	2,018	0,667	2,316	0,733	2,253
500	0,444	1,776	0,583	2,274	0,667	2,296
600	0,333	1,445	0,500	2,180	0,600	2,320
700	0,222	1,025	0,417	2,018	0,533	2,316
800	0,111	0,533	0,333	1,776	0,467	2,274
900	0	0,000	0,250	1,445	0,400	2,180
1000	-0,111	-0,533	0,167	1,025	0,333	2,018
1100	-0,222	-1,025	0,083	0,533	0,267	1,776
1200	-0,333	-1,445	0	0,000	0,200	1,445
1300	-0,444	-1,776	-0,083	-0,533	0,133	1,025
1400	-0,556	-2,018	-0,167	-1,025	0,067	0,533
1500	-0,667	-2,180	-0,250	-1,445	0	0

Zvýrazněné hodnoty vyjadřují skluz zvratu a maximální moment pro daný kmitočet, hodnoty 900, 1200 a 1500 ot./min. vyjadřují synchronní otáčky u jednotlivých kmitočtů.



Obr.23 Mechanické charakteristiky  $n = f(M)$  pro kmitočty 30, 40 a 50 Hz a řízení  $U/f = \text{konst.}$

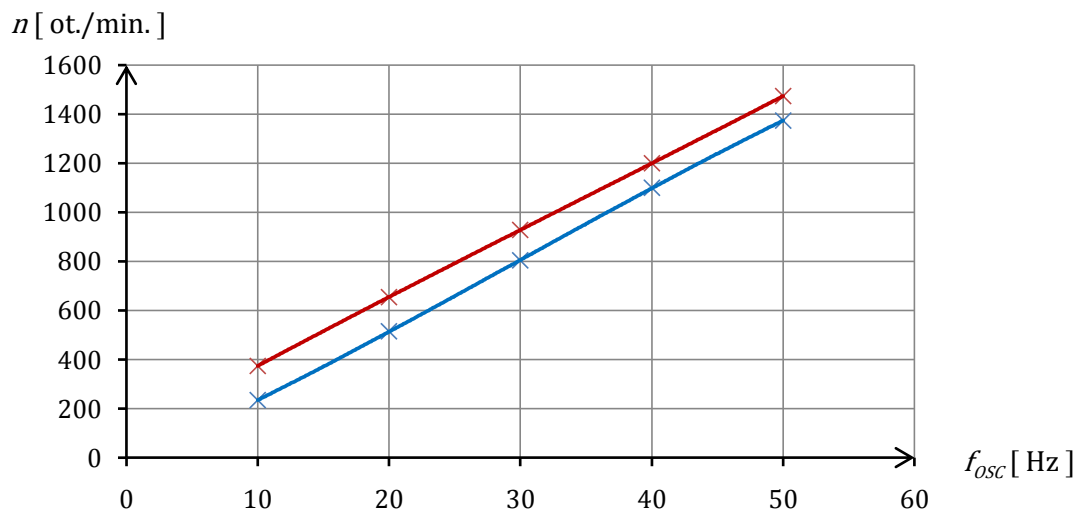
Z charakteristik je patrné, že se snižujícími se otáčkami má motor větší skluz, maximální moment je u všech kmitočtů stejný.

- Závislost otáček a napětí motoru na kmitočtu**

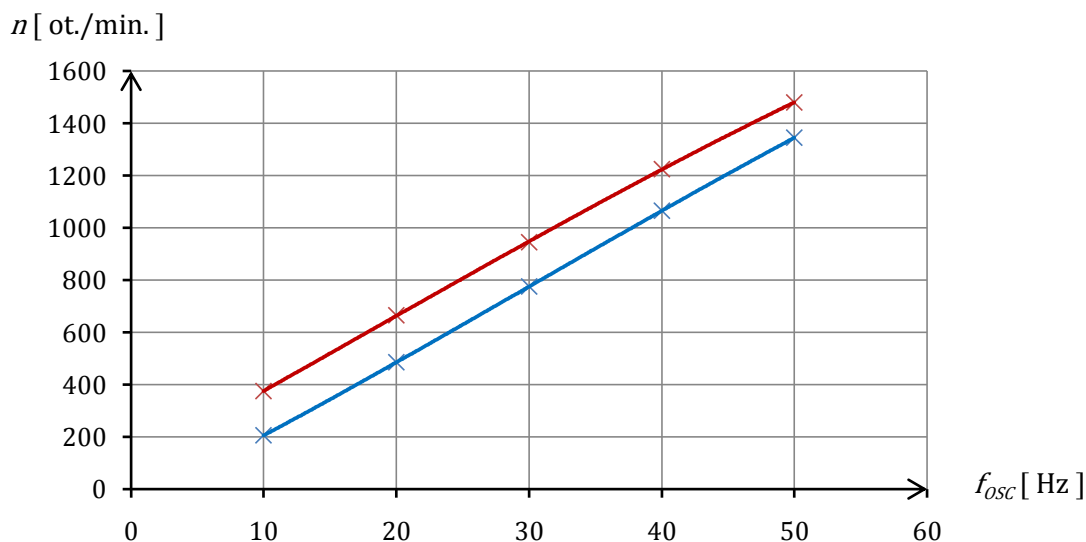
Tab. č.11 Naměřené hodnoty potřebné pro vynesení charakteristik

$f$ [ Hz ]	Režim	Řízení s konstantním $M$ ( $L$ )			Vektorové řízení ( $N$ )		
		$U$ [ V ]	$n$ [ ot./m. ]	$f_{osc}$ [ Hz ]	$U$ [ V ]	$n$ [ ot./m. ]	$f_{osc}$ [ Hz ]
10	bez zátěže	113	235	10,2	144,2	375	15,5
10	zátěž 20 kg	125,6	205	10,3	154	375	17,5
20	bez zátěže	165,6	515	20,1	181,8	655	25,3
20	zátěž 20 kg	171,8	485	20,2	186	665	26,7
30	bez zátěže	201,8	805	30,3	210	930	35,4
30	zátěž 20 kg	205	775	30,2	214	945	35,4
40	bez zátěže	225,3	1100	40	238,2	1200	43,8
40	zátěž 20 kg	229,2	1065	40,2	244	1225	45,71
50	bez zátěže	246,4	1375	49,7	248,8	1475	55,6
50	zátěž 20 kg	246	1345	50	249	1480	57,8

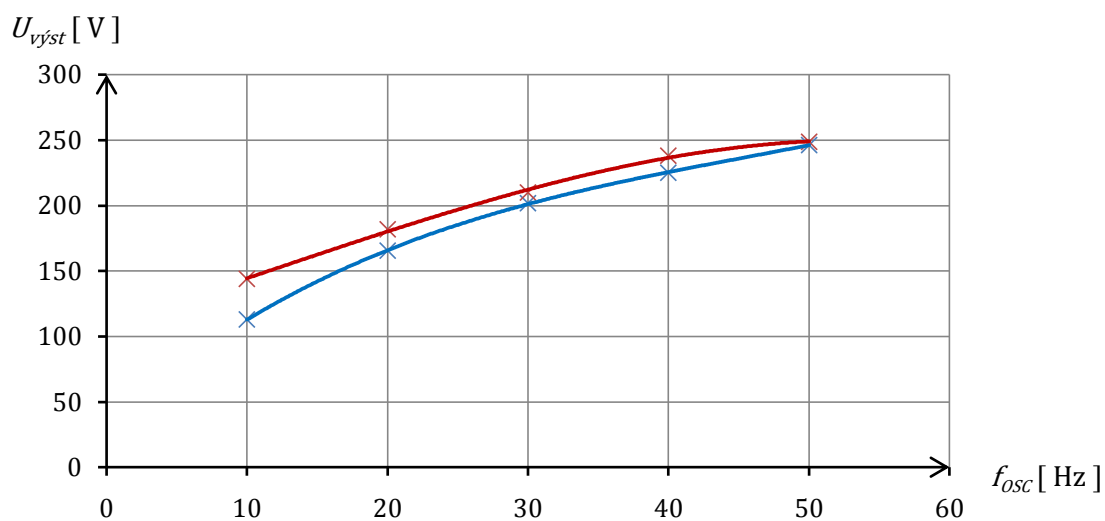
V následujících grafech ( obr. 24 – 27 ) jsou zobrazeny závislosti otáček a napětí na kmitočtu při zdvihu plošiny a režimech uvedených v tabulce č.11. Hodnoty jsem měřil pro kmitočty 10, 20, 30, 40 a 50 Hz. Z grafů je vidět, že při nastaveném řízení konstantním momentem  $L$  ( modrý průběh ) je na vstupu do motoru menší napětí a poměrně výrazně menší otáčky, než při řízení vektorovém ( červený průběh ). Kmitočet změřený osciloskopem je při řízení  $L$  téměř shodný s údajem, nastaveným měničem. U vektorového řízení  $N$  je odečtený kmitočet vždy vyšší, přičemž největší odchylka je u nejnižšího kmitočtu 10 Hz.



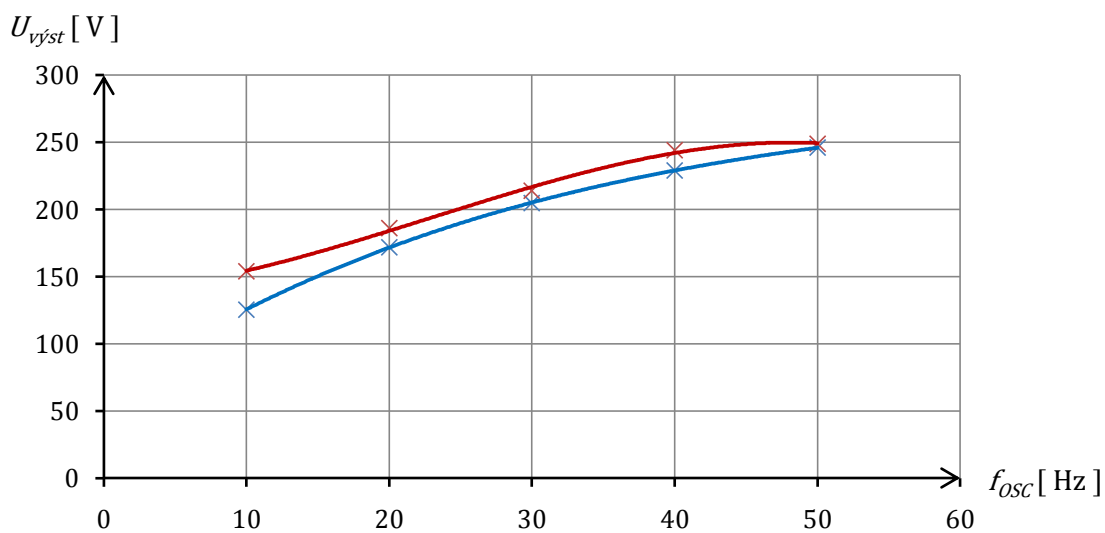
Obr.24 Závislost otáček motoru na kmitočtu  $n = f(f_{osc})$  při zdvihu plošiny bez zátěže



Obr.25 Závislost otáček motoru na kmitočtu  $n = f(f_{osc})$  při zdvihu plošiny a zátěži 20 kg



Obr.26 Závislost napětí motoru na kmitočtu  $U = f(f_{osc})$  při zdvihu plošiny bez zátěže



Obr.27 Závislost napětí motoru na kmitočtu  $U = f(f_{osc})$  při zdvihu plošiny a zátěži 20 kg

#### **4.4 Shrnutí výsledků**

Ověřením funkčnosti soustrojí pro zdvih plošiny v určených provozních režimech a změřením důležitých veličin motoru při použití různých sad parametrů motoru jsem došel k následujícím poznatkům.

Obecně lze říci, že naměřené výsledky při použití sady parametrů s vektorovým řízením bez zpětné vazby (  $N$  ), jsou překvapivé. Hodnoty napětí jsou u všech provozních režimů a kmitočtu 50 Hz téměř stejné a nelze z nich identifikovat použitý režim. Například při jízdě dolů s maximálním zatížením je při nejvyšším naměřeném kmitočtu a otáčkách napětí nejnižší. Při řízení skalárním (  $L$  ) jsou naměřené hodnoty napětí vždy nižší, než u  $N$  a jsou patrné výraznější rozdíly v jednotlivých provozních režimech. Je to způsobeno zejména udržením stálé hodnoty kmitočtu při stále rychlosti na nižší požadované hodnotě v režimu  $L$ . Při nižších kmitočtech jsou rozdíly mezi  $L$  a  $N$  ještě výraznější.

Velikosti naměřených proudů, jdoucích do motoru, lze popsat podobně, jako napětí. U řízení  $L$  se při zdvihu a zvyšující se zátěži odebíraný proud podle očekávání zvyšuje, při jízdě dolů pak snižuje. To ale neplatí u  $N$ , kdy algoritmus řízení upravuje průběh jízdy.

Stejná situace jako u napětí, je i v případě otáček motoru, změřených tachodynamem. Při vektorovém řízení jsou naměřené údaje poměrně výrazně vyšší, než u řízení  $L$ . Důvod je opět stejný, tedy s použitím  $N$  nestabilní a vyšší kmitočet. Aplikací sady parametrů s  $L$  se otáčky předpokladatelně při zdvihu se zvyšující se zátěží snižují a naopak při jízdě dolů zvyšují. Při maximální zátěži 30 kg se blíží synchronním otáčkám. Výkony naměřené měničem byly s použitím obou sad parametrů téměř shodné.

Celkově lze shrnout naměřené výsledky asi takto. Výchozí vektorové řízení bez zpětné vazby  $N$  je plně funkční, použitelné a vyhovující pro jednoduché aplikace bez požadavku na konstantní přesnou hodnotu kmitočtu při stálé rychlosti. Z hlediska tohoto konkrétního použití, za účelem ukázky chování asynchronního motoru a srovnání s teoretickými předpoklady, je výhodnější použít řízení skalární ( v dokumentaci měniče označené jako řízení konstantním momentem nezávislé na otáčkách motoru -  $L$  ).



## **ZÁVĚR**

Hlavním cílem této práce bylo analyzovat možnosti řízení asynchronního motoru, použitého pro pohon zdvihu plošiny, pomocí elektrického měniče kmitočtu Altivar 31, vyráběného firmou Telemecanique. Na jejím základě následně vytvořit novou sadu parametrů, odpovídající zadaným požadavkům a ověřit chování motoru v předem definovaných provozních režimech změřením základních veličin pohonu. Použitý měnič slouží k řízení asynchronních motorů malých výkonů, určených pro jednoduché a středně náročné aplikace.

V první teoretické části se věnuji zejména základnímu popisu asynchronního motoru z hlediska jeho konstrukce, vlastností a principu činnosti. Dále jsou zde popsány důležité obvodové části měniče kmitočtu a jeho funkce při řízení otáček asynchronního motoru. Druhá kapitola obsahuje obecný popis měniče kmitočtu Altivar 31. V úvodu jsou stručně popsány jeho charakteristické vlastnosti, možnosti použití a základní funkce. Následuje krátké seznámení s nabídkami, obsaženými v programu pro nastavení parametrů, a s ovládacím terminálem. Popis a vysvětlení činnosti jednotlivých parametrů, které je nutné v každé nabídce nastavit, aby měnič pracoval správně, je náplní přílohy.

Postup při nastavování parametrů pro vytvoření cílené nové sady parametrů je popsán v oddíle třetím. Součástí je nejdříve rozbor původního nastavení soustavy a jejich nedostatků. Druhou polovinu tvoří popis jednotlivých kroků vedoucích k získání výsledné sady parametrů, která v rámci možností měniče odpovídá požadavkům. Plošina je poháněna čtyřpólovým asynchronním motorem s kotvou nakrátko od firmy Nord o jmenovitém výkonu 120 W. Soustrojí je umístěno ve školní laboratoři a slouží pro demonstraci kmitočtového řízení asynchronního motoru v rámci měření laboratorních úloh. Základním požadavkem mé práce bylo sestavit takovou řídicí sadu parametrů, aby měl motor při pohybu plošiny stálou rychlostí konstantní kmitočet odpovídající hodnotě zadané měničem. Zkoumáním chování soustavy změřením kmitočtu a otáček motoru v různých provozních režimech jsem zjistil, že je kmitočet při řízení s původním nastavení měniče nestálý a jeho velikost vyšší, než měničem nastavená. Otáčky, získané z napětí měřeném na tachodynamu, byly dost neočekávané. Při zdvihu plošiny se dostávali až do nadsynchronní oblasti a motor tak pracoval jako generátor. Příčinou tohoto chování se ukázalo být nastavené vektorové řízení bez zpětné vazby ( pseudovektorové ), tedy v režimu otevřené smyčky. Jedná se vlastně o zdokonalené skalární řízení, kdy měnič v reálném čase vyhodnocuje a upravuje pomocí náhradního modelu motoru velké množství dat pro minimalizaci příčin, ovlivňujících točivý moment a rychlost na hřídeli motoru. Měnič nemá

informaci o otáčkách motoru a musí si ji tak ze zadaných parametrů a pomocí autotuningu vypočítat. Přesnost řízení tak závisí na přesnosti výpočtu. Tato sada parametrů plně vyhovuje aplikacím, k nimž je měnič primárně určen. Není však příliš vhodná pro ukázkou chování asynchronního motoru v různých režimech při měření laboratorních úloh. Vhodnější se ukázala být konfigurace používající řízení konstantním momentem zátěže nezávislém na otáčkách – tedy vlastně skalární řízení bez zpětné vazby. Ani tato volba sice není zcela ideální. A to zejména při nižších kmitočtech, kdy má měnič problém s dodáním dostatečného momentu při rozjezdu a dojezdu plošiny. Měnič však udržoval bez většího kolísání požadovaný kmitočet daleko přesněji, než u řízení pseudovektorového. Rovněž otáčky motoru již více odpovídali teoretickým předpokladům. Nová sada parametrů vložená do měniče tedy lépe naplňuje funkci, pro kterou je soustrojí používáno.

V poslední části jsou výsledky naměřených základních veličin pohonu při vektorovém i skalárním řízení a to v různých provozních režimech. Jsou zde uvedeny některé průběhy napětí a proudu motoru, získané pomocí osciloskopu při ověřování funkčnosti pohonu. Následují výpočty momentů motoru pro různá zatížení při zdvihu a spouštění plošiny, vycházejících ze známých hodnot soustavy. Pro doplnění jsem uvedl mechanické charakteristiky motoru při řízení U/f a kmitočtech 30, 40 a 50 Hz. Obsaženy jsou i grafy závislostí otáček a napětí motoru na kmitočtu. V závěru je pak stručné srovnání a shrnutí naměřeným výsledkům.

Vylepšení pro tuto soustavu by bylo podle mého názoru použití měniče kmitočtu, který obsahuje možnost vektorového řízení včetně zpětné vazby, případně režim přímého řízení momentu DTC. Tyto typy řízení zajišťují pohonu velice přesné a ustálené řízení včetně vysoké dynamiky již od nulových otáček.

## **POUŽITÁ LITERATURA**

- [ 1 ] NEBORÁK I., *Mechatronické systémy pro kombinované a distanční studium*, Ostrava: VŠB-TUO, 2009
- [ 2 ] NEBORÁK I.; SLÁDEČEK V., *Elektrické pohony pro kombinované a distanční studium*, Ostrava: VŠB TUO, 2004, 123 s.
- [ 3 ] PISKAČ L., *Elektrické pohony – principy a funkce*, Plzeň, 2008, ISBN 978-80-7043-688-2, 124 s.
- [ 4 ] RYDLO P., *Řízení elektrických střídavých pohonů*, Liberec, 2006, ISBN 80-7372-117-1, 130 s.
- [ 5 ] TELEMECANIQUE – SCHNEIDER ELETRIC, *Altivar 31 Frekvenční měniče pro asynchronní motory – Příručka pro konfiguraci a nastavení*, Praha, 2005, 78 s.
- [ 6 ] JAVŮREK J., *Regulace moderních elektrických pohonů*, Praha: Grada, 2003, ISBN 80-247-0507-9, 264 s.
- [ 7 ] BULGAKOV A. A., *Řízení asynchronních motorů měniči frekvence*, Praha: SNTL, 1989, ISBN 80-03-00179-X, 240 s.
- [ 8 ] Katalog firmy GETRIEBEBAU NORD, *UNIVERSAL – WORM GEAR UNITS G 1035 GB*, Hamburg, 101 s.
- [ 9 ] eatonelektrotechnika.cz ( online ) [ cit. 2011-04-10 ] *Uspořádání a princip činnosti frekvenčních měničů*  
Dostupné z WWW: <<http://www.eatonelektrotechnika.cz/priruckazapojeni/drives079.html>>
- [ 10 ] odbornecasopisy.cz ( online ) [ cit. 2011-04-10 ] *Dvě nové řady elektrických měničů Telemecanique pro pohony*  
Dostupné z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=32226](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=32226)>
- [ 11 ] odbornecasopisy.cz ( online ) [ cit. 2011-04-10 ] *Přímé řízení momentu a měniče frekvence ABB*  
Dostupné z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=36722](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36722)>.
- [ 12 ] VEČEREK R., *Bakalářská práce – Návrh pohonu zdvihacího zařízení*, Ostrava: VŠB TUO, 2007, 28 s.

## PŘÍLOHA

### Parametry nastavitelné v menu SEt- ( Nastavení )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
ACC	<b>Doba rozběhu z 0 na jmenovitého kmitočtu motoru</b>	0,1 – 999,9 s	3 s
dEC	<b>Doba doběhu z jmenovitého kmitočtu motoru na 0</b> ( závislá na momentu setrvačnosti brzděné zátěže )	0,1 – 999,9 s	3 s
LSP	<b>Nízké otáčky</b> – kmitočet min. žádaných otáček	0 - HSP	0 Hz
HSP	<b>Vysoké otáčky</b> – kmitočet max. žádaných otáček	LSP - tFr	bFr
ItH	<b>Max. proud pro tepelnou ochranu motoru</b> ( nastavuje se jmenovitá hodnota proudu motoru )	0,2 – 1,5 $I_n$ (1)	dle měniče
UFr	<b>Napěťový boost – IR kompenzace</b> ( pro optimalizaci momentu při nízkých otáčkách )	0 – 100 %	20%
JPF	<b>Přeskokový kmitočet</b> ( slouží pro přeskočení kritických otáček motoru )	0 – 500 Hz	0 Hz
JF2	<b>Druhý přeskokový kmitočet</b>	0 – 500 Hz	0 Hz
CLI	<b>Omezení proudu</b> ( zamezuje oteplení motoru při přetížení )	0,25 – 1,5 $I_n$ (1)	1,5 $I_n$ (1)
tLS	<b>Omezení doby provozu na nízkých otáčkách</b> ( doba provozu v LSP, po uplynutí se motor zastaví a rozběhne se až po překročení LSP, 0 = bez omezení )	0 – 999,9 s	0
Ftd	<b>Prahový kmitočet výstupního kmitočtu</b> ( při překročení tohoto kmitočtu sepne relé nebo logický výstup konfigurované pro tuto funkci )	0 – 500 Hz	bFr
ttd	<b>Prahová hodnota tepelného stavu motoru</b> ( při překročení této hodnoty sepne relé nebo logický výstup konfigurované pro tuto funkci )	0 – 118 %	100 %
Ctd	<b>Prahová hodnota proudu motoru</b> ( při překročení tohoto proudu sepne relé nebo logický výstup konfigurované pro tuto funkci )	0 – 1,5 $I_n$ (1)	$I_n$ (1)
SdS	<b>Koeficient pro normování zobrazení parametrů</b> <b>SPd1, SPd2 a SPd3</b> – viz. menu SUP- ( tyto parametry slouží k zobrazení veličin závislých na výstupním kmitočtu - např. otáčky motoru ) (2)	0,1 - 200	30
SFr	<b>Spínací kmitočet</b>	2,0 – 16 kHz	4 kHz

(1)  $I_n$  – jmenovitý proud měniče kmitočtu

(2)  $SdS \leq 1 \rightarrow$  SPd1 má 2 des. místa;  $SdS \leq 10 \rightarrow$  SPd2 má 1 des. místo,  $SdS > 10 \rightarrow$  SPd3 je celé číslo;  $SdS > 10$  a  $SdS \times rFr > 9999 \rightarrow$  výsledek vydělen 1000 a má 2 des. místa;  $SdS > 10$  a  $SdS \times rFr > 65535 \rightarrow$  výsledek zablokován na 65,54

### Parametry nastavitelné v menu drC- ( Parametry pohonu )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
bFr	<b>Jmenovitý kmitočet sítě</b> - 50 Hz: IEC, 60 Hz: NEMA ( změna modifikuje parametry HSP, Ftd, FrS a tFr )		50
UnS	<b>Jmenovité napětí motoru</b> – viz. typový štítek	(2)	(2)
FrS	<b>Jmenovitý kmitočet motoru</b> – viz. typový štítek	10 – 500 Hz	50 Hz
nCr	<b>Jmenovitý proud motoru</b> – viz. typový štítek	0,25 – 1,5I <sub>n</sub> (1)	(2)
nSP	<b>Jmenovité otáčky motoru</b> – viz. typový štítek (3)	0 – 32 760 ot/min	(2)
COS	<b>Účinek motoru ( cos φ )</b> – viz. typový štítek	0,5 - 1	(2)
rSC	<b>Odpor vinutí statoru ve studeném stavu</b> ( nO = neaktivní – pro nenáročné aplikace In It = aktivní – zlepšení parametrů v nízkých ot. XXXX = zobrazení hodnoty odporu v mΩ ) - nutné pro aplikace manipulace s materiálem a zdvih, aktivace se provádí pouze při studeném stavu motoru		nO
tUn	<b>Automatické nastavení parametrů motoru – Autotuning</b> nO = neaktivní; YES = aktivní – po provedení se zobrazí dOnE nebo nO dOnE = hodnoty z posledního autotuning; rUn = autotuning při každém povelu chod; POn = autotuning po každém připojení k síti L11 - L16 = autotuning po přechodu k danému log. vstupu z log. 0 na 1		nO
tUS	<b>Stav Autotuningu</b> ( pouze informativní ) tAb = tovární hodnota odporu statorového vinutí; PEnD = požadavek autotuning, ještě nebyl proveden; PrOG = probíhá autotuning; FAIL = autotuning se nezdařil – chyba; dOnE = autotuning proveden, změřená hodnota použita; Strd = Hodnota odporu vinutí statoru používání a rSC není nO		tAb
UFt	<b>Volba typu charakteristiky</b> L = konstantní moment nezávislý na otáčkách ( paralelní, spec. motory ); P = moment s kvadratickou závislostí na otáčkách n = vektorové řízení bez zpětné vazby ( aplikace s konstantním momentem a nezávislé na otáčkách ) nLd = energeticky úsporný režim ( aplikace s kvadraticky proměnným momentem bez požadavku na vysokou dynamiku )		n
nrd	<b>Náhodné rozmítání spínacího kmitočtu</b> ( slouží ke snížení hluku motoru, způsobenou rezonancí ) YES = náhodné rozmítání; nO = pevný kmitočet		YES
SFr	<b>Spínací kmitočet</b> ( pokud je nastavená hodnota vyšší než 4 kHz a zvýší se teplota motoru vlivem spínacích ztrát, dojde k automatickému návratu na tovární hodnotu )	2,0 – 16 kHz	4 kHz
tFr	<b>Maximální výstupní kmitočet</b> ( je-li bFr = 60 Hz, je tovární nastavení 72 Hz )	100 – 500 Hz	60 Hz

### Parametry nastavitelné v menu drC- ( Parametry pohonu )

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení	Kód
SrF	<b>Vypnutí filtru otáčkové regulační smyčky</b> nO = filtr aktivní ( zabraňuje překmitům ) YES = filtr vypnut ( u polohové regulace snižuje čas odezvy )		nO
SCS	<b>Uložení záložní konfigurace a nastavení měniče kmitočtu (4)</b> nO = neaktivní StrI = uložení aktuální konfigurace do EEPROM ( bez autotuningu ) - ihned po uložení se hodnota vrátí zpět na nO, při použití vzdáleného terminálu lze uložit až 4 záložní konfigurace ( F1L1 - F1L4 )		nO
FCS	<b>Návrat k továrnímu nastavení / obnovení záložní konfigurace (4)</b> nO = neaktivní rEC I = načtení záložní konfigurace z SCS ( volba dostupná pouze, pokud je provedena záloha ) In I = návrat k továrnímu nastavení - ihned po načtení se hodnota vrátí zpět na nO, při použití vzdáleného terminálu lze načíst jednu z až 4 záloh ( F1L1 - F1L4 ), pro aktivaci rEC I a In I je nutné podržet klávesu ENT min. 2 s		nO

- (1)  $I_n$  – jmenovitý proud měniče kmitočtu
- (2) Závisí na typové velikosti měniče
- (3) Výpočet jmenovitých otáček –  $n_{jm} = \frac{n_s \cdot (100 - s[\%])}{100} = \frac{n_s \cdot (50 - s[Hz])}{50} = \frac{n_s \cdot (60 - s[Hz])}{60}$
- (4) Přístup k parametrům SCS a FCS je možný v několika konfiguračních menu, nastavení v jednom se projeví i v ostatních

### Parametry nastavitelné v menu I-O- ( Vstupy / výstupy )

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení
tCC	<b>2 vodičové / 3 vodičové ovládání ( Typ ovládání )</b> 2C = 2vodičové ovládání; 3C = 3vodičové ovládání; LOC = místní ovládání prostřednictvím kláves RUN/STOP/RESET ( není dostupné, je-li v menu Ctl parametr LAC = L3 )	2C ATV31xxxA: LOC
tCt	<b>Typ 2vodičového ovládání ( pouze pokud je tCC = 2C )</b> LEL = log. 1 a log. 0 odpovídá funkci chod a zastavení trn = funkce chod vpřed nebo vzad aktivuje vzestupná hrana log. signálu ( zabránění restartu při přerušení napájení nebo po poruše) pFO = viz. LEL, funkce „chod vpřed“ je prioritní před „chod vzad“	trn
rrS	<b>Chod vzad</b> nO = nepřirazeno ( chod vzad lze aktivovat např. záporným napětím na analogovém vstupu AI2 ) LI2 = logický vstup LI2 při tCC = 2C; LI3 – LI6 – logické vstupy	tCC = 2C → LI2 tCC = 3C → LI3 tCC = LOC → nO

### Parametry nastavitelné v menu I-O- ( Vstupy / výstupy )

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení
AOIt	<b>Konfigurace analogového výstupu</b> 0 A → 0 - 20 mA ( použitá svorka AOC ) 4A → 4 – 20 mA ( použitá svorka AOC ) 10U → 0 – 10 V ( použije se svorka AOV )	0 A
dO	<b>Funkce analogového výstupu</b> nO = neřízeno OCr → proud motoru – 20 mA nebo 10 V odpovídá dvojnásobku jmenovitého proudu měniče kmitočtu OFr → kmitočet motoru – 20 mA nebo 10 V odpovídá dvojnásobku jmenovitého momentu motoru Otr → moment motoru – 20 mA nebo 10 V odpovídá dvojnásobku jmenovitého výkonu měniče FLt = hlášení poruchy; rUn = hlášení chodu; FLA = dosažení HSP; FtA = dosažení kmitočtového prahu ( viz. parametr Ftd v SEt- ) CtA = dosažení proudového prahu ( viz. parametr Ctd v SEt- ) SrA = dosažení souhlasu výstupního kmitočtu s požadovanou tSA = dosažení prahové hodnoty tepelného stavu motoru ( par. Ctd ) bLC = ovládání externí brzdy ( lze nastavit jen v submenu bLC- funkčního menu FUn- ) APL = přerušená proudová smyčka 4 – 20 mA, i když je LFL = nO -při splnění podmínky pro hlášení příslušného stavu je log. výstup ve stavu log. 1 ( 24 V ), výjimkou je porucha → log. 1 = nenastala porucha, nastavením hodnot parametru dO dojde ke změně analogového výstupu na logický výstup, pro použití funkcí logického výstupu je nutné nastavit AOIt = 0A	nO
r1	<b>Relé 1</b> stavy nO; FLt; FtA; FLA; CtA; SrA; tSA a APL – viz. parametr dO rUn = v chodu, při splnění podmínky pro hlášení chodu relé sepne s výjimkou poruchy viz. dO	FLt
r2	<b>Relé 2 ( viz. parametr r1 )</b>	nO
SCS	<b>Uložení záložní konfigurace a nastavení měniče kmitočtu ( viz. menu drC- )</b>	
FSC	<b>Návrat k továrnímu nastavení / obnovení záložní konfigurace ( viz. menu drC- )</b>	

**Parametry nastavitelné v menu CtL- ( Menu ovládání měniče )**

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení
LAC	<p><b>Přístupová úroveň</b></p> <p>L1 → přístup ke standardním funkcím</p> <p>L2 → přístup rozšířen o další funkce v menu Fun-, kterými jsou + / - zadávání otáček; ovládání externí brzdy; přepnutí sady parametrů motoru a vyhodnocení koncových poloh</p> <p>L3 → viz. L2, navíc oddělené zadávání žádané hodnoty kmitočtu a ovládání ( touto volbou nastaví na tovární nastavení parametry Fr1, Cd1, CHCF a tCC, ten se nastaví na hodnotu 2C i pro měnič ATV31xxxA</p> <p>Hodnota L3 lze vrátit na L2 nebo L1, z L2 do L1 pouze návratem do továrního nastavení ( parametr FCS )</p>	L1
Fr1	<p><b>Kanál 1 zadávání žádané hodnoty kmitočtu</b></p> <p>Pro LAC = L1 lze pro kanál 1 konfigurovat zadávání hodnot pomocí těchto vstupů: AI1 = analogový vstup AI1; AI2 = an. vstup AI2; AI3 = analogový vstup AI3; AIP = potenciometr</p> <p>Pro LAC = L2 nebo L3 lze navíc použít funkci +/- zadávání otáček: UPdt = +/- zadávání otáček logickými vstupy ( viz. Fun- → Upd- )</p> <p>UPdH = +/- zadávání otáček pomocí kláves ▼ ▲ z terminálu</p> <p>LCC = využití vzdáleného terminálu pro zadávání ( viz. SET → Lfr )</p> <p>Ndb a CAN = využití Modbus nebo CANopen</p>	AI1; AIP pro ATV31xxxA
Fr2	<p><b>Kanál 2 zadávání žádané hodnoty kmitočtu</b> ( viz. Fr1, nO = neaktivní )</p>	nO
rFC	<p><b>Přepínání kanálu žádané hodnoty</b> ( volba kanálu Fr1 nebo Fr2 )</p> <p>LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6</p> <p>LAC = 3 → lze přepínat kanál změnou log. úrovně zvoleného bitu řídicího slova: CI11 – CI15 → bity 11 – 15 řídicího slova Modbus</p> <p>C211 – C215 → bity 11 – 15 řídicího slova CANopen</p> <p>Kanál lze přepínat i za provozu</p> <p>Logický vstup nebo bit řídicího slova = log. 0 → Fr1; log. 1 → Fr2</p>	Fr1
CHCF	<p><b>Volba režimu zadávání žádané hodnoty ovládacích povelů</b></p> <p>SIM = společné zadávání hodnot a povelů ( kanál Fr1 nebo Fr2 )</p> <p>SEP = oddělené zadávání ( povelů → kanál Cd1 nebo Cd2; hodnoty → kanál Fr1 nebo Fr2 )</p> <p>Funkce dostupná jen, je-li nastaveno LAC = L3</p>	SIM
COP	<p><b>Kopie nastavení kanálu 1 do kanálu 2</b> ( možné jen z K1 do K2 )</p> <p>nO = neaktivní; SP = kopie Fr1 do Fr2; Cd = kopie Cd1 do Cd2; ALL = kopírování hodnot i povelů</p> <p>- kopírování může změnit směr otáčení motoru</p>	nO
LCC	<p><b>Ovládání měniče kmitočtu vzdáleným terminálem</b></p> <p>nO = neaktivní; YES = ovládání pomocí obslužného terminálu dostupné pouze pomocí vzdáleného terminálu a když je LAC = L3</p>	nO

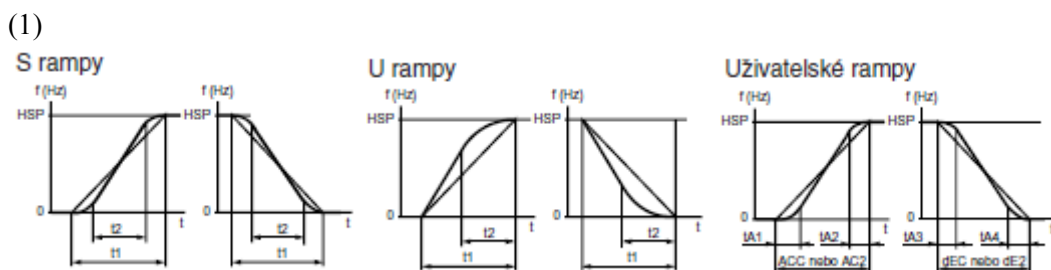


### Parametry nastavitelné v menu CtL- ( Menu ovládání měniče )

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení
PSt	<b>Nastavení priority klávesy STOP na obslužném terminálu</b> nO = neaktivní; YES = STOP má prioritu; ( pouze na terminálu u ATV31xxxA nebo vzdáleném terminálu, pro potvrzení hodnoty PSt je nutné podržet klávesu ENT min. 2 s )	YES
rOt	<b>Povolení funkce RUN na obslužném terminálu</b> zadání směru chodu motoru při povelu chod klávesou RUN na obslužném terminálu ATV31xxxA nebo na vzdáleném terminálu dFr = chod vpřed; drS = chod vzad; bOt = oba směry pro vzdálený terminál, pro terminál ATV31xxxA pouze chod vpřed	dFr
SCS	<b>Uložení záložní konfigurace a nastavení měniče kmitočtu ( viz. menu drC- )</b>	
FCS	<b>Návrat k továrnímu nastavení / obnovení záložní konfigurace ( viz. menu drC- )</b>	

### Parametry nastavitelné v menu FUn- ( Menu funkce )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
<b>Submenu rampy (rPC- )</b>			
rPt-	<b>Typy rampy</b> ( definuje tvary rozběhové a doběhové rampy ) (1) LIn – Lineární rampy S – S rampy ( $t_2 = 0,6 \times t_1$ ; $t_1$ = nastavitelná doba trvání rampy ) U – U rampy ( $t_2 = 0,5 \times t_1$ ); koeficient zakřivení nelze měnit CUS = uživatelské rampy ( $tA1$ : nastavitelné mezi 0 – 100%, z doby ACC nebo AC2 $tA2$ : nastavitelné mezi 0 a 100% - $tA1$ , z doby ACC nebo AC2 $tA3$ : nastavitelné mezi 0 – 100%, z doby dEC nebo dE2 $tA4$ : nastavitelné mezi 0 a 100% - $tA3$ , z doby dEC nebo dE2 )		LIn



Obr. 1 Tvary rozběhové a doběhové rampy [5]

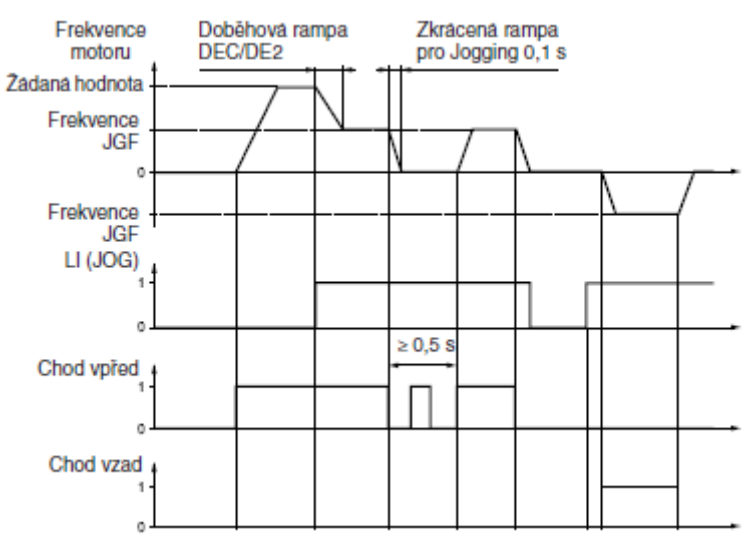
### Parametry nastavitelné v menu FUn- ( Menu funkce )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
<b>Submenu rampy (rPC- )</b>			
ACC dEC	<b>Doba rozběhu z 0 na jmenovitý kmitočet motoru</b> <b>Doba doběhu z jmenovitého kmitočtu motoru na 0</b> (závislá na momentu setrvačnosti brzděné zátěže)	0,1 – 999,9 s 0,1 – 999,9 s	3 s 3 s
rPS	<b>Přepínání ramp</b> ( funkce není ovlivněna nastavením priority ovládání měniče ani zadanou žádanou hodnotou ) nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6 - pokud je konfigurovaný log. vstup nebo příslušný bit řídícího slova ve stavu log. 0, jsou platné rampy ACC a dEC - pokud je konfigurovaný log. vstup nebo příslušný bit řídícího slova ve stavu log. 1, jsou platné rampy AC2 a dE2		nO
Frt	<b>Prahový kmitočet pro přepínání ramp</b> ( překročením kmitočtu Frt se aktivuje druhá sada ramp, pokud je Frt = 0, není funkce aktivní )	0 – 500 Hz	0 Hz
brA	<b>Automatické přizpůsobení doběhové rampy</b> ( prodlužuje doběhovou rampu v případě příliš velké setrvačnosti zátěže ) nO = neaktivní; YES = aktivní - pokud je aktivní externí brzda ( bLC = r2 nebo dO ), je brA = nO		YES
<b>Submenu režimy zastavení (StC- )</b>			
Stt	<b>Normální zastavení</b> rNP = zastavení po rampě; FSt = rychlé zastavení; nSt = volný doběh; dCI = zastavení brzdění ss proudem		Stn
FSt	<b>Rychlé zastavení ( aktivace logickým vstupem )</b> - zastavení po zkrácené doběhové rampě nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - pokud je LAC = L3, lze funkci ovládat i změnou log. úrovně zvoleného bitu řídícího slova ( Cd11 – Cd15 = bity 11 - 15 řídícího slova ) - funkce aktivní pokud je log. vstup roven log. 0, nebo řídící slovo = log. 1		nO
dC1	<b>Brzdění ss proudem ( aktivace logickým vstupem )</b> viz. parametr Fst, aktivní, pokud je funkci přiřazen logický vstup nebo bit příslušného řídícího slova je ve stavu log. 1		nO
nSt	<b>Zastavení volným doběhem ( aktivace logickým vstupem )</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - funkce aktivní pokud je log. vstup roven log. 0		nO

### **Parametry nastavitelné v menu FUn- ( Menu funkce )**

<b>Kód</b>	<b>Název ( popis funkce )</b>	<b>Tovární nastavení</b>
<b>Submenu automatické dobrzdění po zastavení ( AdC- )</b>		
AdC	<b>Automatické dobrzdění ss proudem po zastavení po rampě</b> nO = neaktivní; YES = dobrzdění po nastavenou dobu; Ct = trvalé dobrzdění po zastavení, aktivace způsobí brzdění ss proudem, i když není povel pro chod, je přípustná i za chodu	YES
<b>Submenu součtové vstupy ( SA1- )</b>		
SA2	<b>Součtový vstup 2</b> nO = neaktivní; AI1 – AI3 = analogové vstupy AI1 – AI3; AIP = potenciometr ( pouze u měničů ATV31xxxA ) - pokud je LAC = L3, lze použít další nastavení: ndb = zadávání požadované hodnoty pomocí Modbus CAn = zadávání požadované hodnoty pomocí CANopen LCC = zadávání požadované hodnoty pomocí vzdáleného terminálu	AI2
SA3	<b>Součtový vstup 3 ( viz. SA2 )</b>	nO
<b>Submenu předvolené otáčky ( PSS- )</b>		
PS2	<b>2 předvolené otáčky</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - pokud je LAC = L3, lze použít další nastavení: Cd11 – Cd15 = bity 11 - 15 řídicího slova Modbus nebo CANopen	tCC = 2C → LI3 tCC = 3C → nO tCC = LOC → LI3
PS4	<b>4 předvolené otáčky</b> viz. PS2; pro aktivaci musí být konfigurován PS2	viz. PS2
PS8	<b>8 předvolených otáček</b> viz. PS2; pro aktivaci musí být konfigurovány PS2 a PS4	nO
PS16	<b>16 předvolených otáček</b> viz. PS2; pro aktivaci musí být konfigurovány PS2, PS4 i PS8	nO

## Parametry nastavitelné v menu FUN- ( Menu funkce )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
<b>Submenu pomale otáčky – Jogging ( JOG- )</b>			
JOG	<p><b>Pomalé otáčky ( Jogging )</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6;</p>  <p>Obr.2 Příklad 2vodičového ovládání ( <math>t_{CC} = 2C</math> ) [5]</p>		<p><math>t_{CC} = 2C \rightarrow nO</math>  <math>t_{CC} = 3C \rightarrow LI4</math>  <math>t_{CC} = LOC \rightarrow nO</math></p>
<b>Submenu součtové vstupy ( SA1- )</b> ( funkce přístupná pouze pokud je LAC = L2 nebo L3 a Fr1, Fr2 = UPdH nebo Updt )			
<b>Submenu PI regulátor ( PI- )</b>			
PIF	<p><b>Zpětná vazba PI regulátoru</b> nO = neaktivní; AI1 – AI3 = analogové vstupy AI1 – AI3</p>		nO
<b>Submenu externí brzdy ( bLC- )</b>			
bLC	<p><b>Konfigurace ovládání externí brzdy</b> nO = neaktivní; r2 = relé R2; dO = logický vstup AOC</p>		nO
brL	<b>Prahový kmitočet při brzdění</b>	0,0 – 10 Hz	dle typu měniče
Ibr	<b>Prahová hodnota proudu při odbrzdění</b>	0 – 1,36 $I_n$ (1)	dle typu měniče
brt	<b>Doba odpadu brzdy</b>	0 – 5 s	0,5 s
LSP	<b>Nízké otáčky</b> (kmitočet motoru při min. žádaných otáčkách )	0 – HSP	0 Hz
bEn	<b>Prahová hodnota kmitočtu při zabrzdění</b> nO = neaktivní	nO, 0 - LSP	nO
bet	<b>Doba přitahu brzdy</b>	0 – 5 s	0,5 s
bIP	<p><b>Směr působení momentu při odbrzdění</b> nO = při odbrzdění odpovídá směr působení momentu motoru požadovanému směru YES = je vyvozen směr momentu motoru nahoru ( Vpřed )</p>		nO

(1)  $I_n$  – jmenovitý proud měniče kmitočtu

### **Parametry nastavitelné v menu FUn- ( Menu funkce )**

<b>Kód</b>	<b>Název ( popis funkce )</b>	<b>Tovární nastavení</b>
<b>Submenu přepnutí na druhé proudové omezení ( LC2- )</b> ( funkce aktivní pouze, pokud je LAC = L2 nebo L3 )		
LC2	<b>Přepnutí na druhé proudové omezení</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - pokud je LAC = L3, lze funkci ovládat změnou i logické úrovně : Cd11 – Cd15 = bity 11 - 15 řídicího slova Modbus nebo CANopen - proudové omezení CL1 ( viz. menu Set- ) platí, pokud je log. vstup nebo příslušný bit řídicího slova ve stavu 0, ve stavu 1 platí CL2	nO
<b>Submenu přepínání sad parametrů motorů ( CHP- )</b>		
CHP	<b>Přepnutí na sadu parametrů pro motor 2</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - pokud je LAC = L3, lze funkci ovládat změnou i logické úrovně : Cd11 – Cd15 = bity 11 - 15 řídicího slova Modbus nebo CANopen - LIx nebo bit řídicího slova = 0 → Sada parametrů pro motor 1 - LIx nebo bit řídicího slova = 1 → Sada parametrů pro motor 2 - při použití této funkce je deaktivována tepelná ochrana motoru a nelze použít funkci autotuningu tUn pro motor 2	nO
<b>Submenu přepínání sad parametrů motorů ( LSt- )</b> ( funkce aktivní pouze, pokud je LAC = L2 nebo L3 )		
LAF	<b>Vyhodnocení koncového spínače, chod vpřed</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6	nO
LAr	<b>Vyhodnocení koncového spínače, chod vzad ( viz. LAF )</b>	nO
SCS	<b>Uložení záložní konfigurace a nastavení měniče kmitočtu ( viz. menu drC- )</b>	
FCS	<b>Návrat k továrnímu nastavení / obnovení záložní konfigurace ( viz. menu drC- )</b>	

### **Parametry nastavitelné v menu FLt- ( Menu poruchová hlášení )**

<b>Kód</b>	<b>Název ( popis funkce )</b>	<b>Tovární nastavení</b>
Atr	<p><b>Automatický restart po poruše</b> ( automatický rozběh po zablokování měniče, pokud porucha pominula a dovolují to provozní podmínky ) nO = neaktivní; pokusy o restart v postupně se prodlužujících intervalech od 1 s po 1 min.; délka procedury od 5 min. až neomezená; po uplynutí této doby a neúspěšném restartu zůstane měnič zablokovaný až do vypnutí a připojení k síti. Automaticky resetovatelné poruchy: přerušení proudové linky 4 – 20 mA ( LFF ); porucha komunikace CANopen (COF); externí porucha (EPF); přepětí v síti ( OSF ); výpadek výstupní fáze motoru ( ObF ); přehřátí motoru ( OLF ); porucha sériové linky Modbus (SLF); přehřátí měniče kmitočtu ( OHF ) Podmínkou pro rozběh je zachování signálů pro odblokování měniče, zadání směru otáčení motoru a žádaných otáček.</p>	nO
rSF	<p><b>Reset poruchy logickým vstupem</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6</p>	nO
FLr	<p><b>Letmý rozběh s vyhledáním otáček ( „Catch on the fly“ )</b> Slouží k plynulému obnovení provozu, nastane v následujících případech ( pokud je zachování signál pro chod ): - po výpadku sítě nebo krátkodobého vypnutí zapnutí měniče - po resetu poruchy nebo při automatickém restartu - po volném doběhu nebo ss brzdění aktivovaném logickým vstupem nO = neaktivní; YES = aktivní Měnič vyhodnotí aktuální otáčky a od této hodnoty postupně zvyšuje výstupní kmitočet na žádanou hodnotu, je-li konfigurována externí brzda bLC, tato funkce je automaticky vypnuta</p>	nO
EtF	<p><b>Externí porucha</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; - pokud je LAC = L3, lze ovládat i pomocí změny log. úrovně: Cd11 – Cd15 = bity 11 - 15 řídicího slova Modbus nebo CANopen</p>	nO
EPL	<p><b>Způsob zastavení při hlášení externí poruchy EPF</b> nO = porucha ignorována; YES = zastavení volným doběhem; rNP = zastavení po doběhové rampě; FSt = rychlé zastavení</p>	YES
OPL	<p><b>Chování měniče kmitočtu při výpadku fáze motoru</b> nO = neaktivní; YES = zablokování s hlášením OPF; OAC = bez zablokování, výstupní napětí upraveno, aby nedocházelo k nadproudům, po odstranění poruchy aktivován letmý rozběh motoru s vyhledáním otáček ( i když je FLr = 0 ) Vhodné nastavení při použití stykače na výstupu měniče Jestliže je konfigurována externí brzda ( bLC ), OPL = YES</p>	YES

**Parametry nastavitelné v menu FLt- ( Menu poruchová hlášení )**

<b>Kód</b>	<b>Název ( popis funkce )</b>	<b>Rozsah nastavení</b>	<b>Tovární nastavení</b>
IPL	<b>Chování měniče kmitočtu při výpadku fáze síťového napětí</b> ( dostupné pouze u měničů napájených 3-fázově ) nO = porucha ignorována; YES = hlášení s rychlým zastavením		YES
OHL	<b>Způsob zastavení při přehřátí měniče kmitočtu OHF</b> nO = porucha ignorována; YES = zastavení volným doběhem; rNP = zastavení se sledováním doběhové rampy; FSt = rychlé zastavení		YES
OLL	<b>Způsob zastavení při přehřátí motoru OLF</b> nO = porucha ignorována; YES = zastavení volným doběhem; rNP = zastavení se sledováním doběhové rampy; FSt = rychlé zastavení		YES
SLL	<b>Způsob zastavení v případě poruchy sériové linky Modbus SLF</b> nO = porucha ignorována; YES = zastavení volným doběhem; rNP = zastavení se sledováním doběhové rampy; FSt = rychlé zastavení		YES
COL	<b>Způsob zastavení v případě poruchy sériové linky Modbus COF</b> nO = porucha ignorována; YES = zastavení volným doběhem; rNP = zastavení se sledováním doběhové rampy; FSt = rychlé zastavení		YES
tnL	<b>Způsob chování měniče při hlášení poruchy autotuningu tnF</b> nO = porucha ignorování ( přechod do továrního nastavení ) YES = hlášení poruchy se zablokováním měniče		YES
LFL	<b>Způsob chování při poruše proudové smyčky 4 – 20 mA LFF</b> nO = porucha ignorována, možné pouze je-li $CrL \leq 3 \text{ mA}$ YES = hlášení porucha, volný doběh LFF = přechod na nouzové otáčky ( viz. hodnota LFF ) rLS = zachování stejného výstupního kmitočtu, jako před poruchou rNP = hlášení poruchy, zastavení po doběhové rampě FSt = hlášení poruchy, rychlé zastavení		nO
LFF	<b>Nouzové otáčky při poruše proudové smyčky</b>	0 – 500 Hz	10 Hz
dm	<b>Omezený provoz v případě podpětí</b> nO = neaktivní; YES = prahová hodnota síťového napětí: ATV31xxxM2 a ATV31xxxM3X = 130 V; ATV31xxxN4 = 270 V; ATV31xxxS6X = 340V, nutná síťová tlumivka, nezaručeny technické parametry měniče, pro aktivaci se musí podržet klávesa ENT min. 2 s		nO

### Parametry nastavitelné v menu FLt- ( Menu poruchová hlášení )

Kód	Název ( popis funkce )	Tovární nastavení
StP	<b>Řízené zastavení v případě výpadku napájecího napětí</b> nO = zablokování měniče, volný doběh; NNS = napájení prostřednictvím přeměny kinetické energie rNP = zastavení se sledováním platné doběhové rampy FSt = rychlé zastavení – doba závisí na momentu setrvačnosti zátěže a schopnosti měniče brzdit	nO
InH	<b>Potlačení poruchových hlášení</b> ( hrozí poškození měniče ) nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; log. vstup ve stavu 0 → poruchy monitorovány log. vstup ve stavu 1 → potlačení poruchových hlášení pro aktivaci se musí podržet klávesa ENT min. 2 s	nO
rPr	<b>Nulování čítače provozních hodin</b> nO = Ne; rH = nulování; hodnota rPr se po vynulování vrátí na nO	nO

### Parametry nastavitelné v menu COM- ( Menu komunikace )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah nastavení	Tovární nastavení
Add	<b>Modbus: Adresa pohonu</b>	1 - 247	1
tbr	<b>Modbus: Přenosová rychlost</b> 4.8 = 4800 bitů/s; 9.6 = 9600 bitů/s; 19.2 = 19 200 bitů/s		19 200
tFO	<b>Modbus: Datová struktura</b> 8O1 = 8 datových bitů, lichá parita, 1 stop bit; 8E1 = 8 datových bitů, sudá parita, 1 stop bit; 8n1 = 8 datových bitů, bez parity, 1 stop bit; 8n2 = 8 datových bitů, bez parity, 2 stop bity;		8E1
ttO	<b>Modbus: Time-out</b>	0,1 – 10 s	10 s
AdcO	<b>CANopen: Adresa pohonu</b>	0 - 127	0
bdCO	<b>CANopen: Přenosová rychlost</b> 10.0; 20.0; 50.0; 125.0; 250.0; 500.0; 1000 → hodnoty v kb/s		125
ErCO	<b>CANopen: poruchový registr</b> ( pouze čtení ) 0 = bez poruchy; 1 = porucha „Bus Off“; 2 = porucha „Life Time“; 3 = porucha „CAN Overrun“; 4 = porucha „Heartbeat“		
FLO	<b>Nucený přechod do místního ovládání</b> nO = neaktivní; LI1 – LI6 = logické vstupy LI1 – LI6; měnič přechází z ovládání po sběrnici na ovládání ze svorkovnice a obslužného terminálu		nO



### Parametry zobrazitelné v menu SUP- ( Menu displej )

Kód	Název ( popis funkce )	Rozsah
FrH	<b>Žádaná hodnota kmitočtu před rampou</b> ( absolutní hodnota )	0 – 500 Hz
rFr	<b>Výstupní kmitočet měniče</b>	-500 Hz až + 500 Hz
LCr	<b>Proud motoru</b>	
OPr	<b>Výkon motoru</b> 100% = jmenovitý výkon motoru na základě parametrů v menu pohonu drC-	
ULn	<b>Síťové napětí</b> ( měří se na ss sběrnici meziobvodu, správná hodnota v ustáleném stavu )	
tHr	<b>Tepelný stav motoru</b> 100% = jmenovitý tepelný stav; 118% = přehřátí - hodnota hlášení „OLF“	
tHd	<b>Tepelný stav měniče kmitočtu</b> 100% = jmenovitý tepelný stav; 118% = přehřátí měniče- hodnota hlášení „OHF“	
LFt	<b>Poslední porucha</b> bLF = porucha řízení brzdy; CFF = nesprávná konfigurace měniče kmitočtu; CFI = nekompatibilní konfigurace měniče kmitočtu ( přenos po sběrnici ); COF = porucha komunikace CANopen; CrF = porucha napájecího rezistoru ss meziobvodu; EEF = porucha paměti EEPROM; EPF = externí porucha; InF = interní porucha; LFF = porucha přerušení proudové smyčky 4 – 20 mA; nOF = neuložení poruchy; ObF = porucha přepětí na ss meziobvodu ( nadměrné brzdění ); OCF = porucha nadproud; OHF = porucha přehřátí měniče kmitočtu; OLF = porucha přehřátí motoru; OPF = porucha výpadek fáze motoru; OSF = porucha přepětí v síti; PHF = porucha síťové fáze; SCF = porucha zkrat v motoru ( mezi fázemi nebo fází a zemí ); SLF = porucha komunikace Modbus; SOF = otáčkový překmit; tnF = porucha při provádění autotuningu; USF = porucha podpětí sítě	
Otr	<b>Krouticí moment motoru</b> ( 100% = jmenovitý krouticí moment motoru )	
rtH	<b>Doba provozu</b> ( rozsah 0 – 65 530 hodin ) Celková doba připojení motoru k napájení: 0 – 9 999 hodin, potom 10,00 – 65,53 tisíc hodin Vynulování se provádí pomocí parametru rPr v menu poruchová hlášení FLt-	

### **Parametry zobrazitelné v menu SUP- ( Menu displej )**

<b>Kód</b>	<b>Název ( popis funkce )</b>
<b>COd</b>	<p><b>Přístupový kód ( heslo )</b>  Konfigurace a nastavení měniče lze chránit heslem  OFF = přístup bez omezení</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pro zablokování se zadá heslo inkrementováním údaje na displeji klávesou ▲ v rozmezí 2 – 9 999 a stisknutím ENT, na displeji se objeví On = chráněno</li> <li>- Pro odblokování se zadá heslo inkrementováním údaje na displeji klávesou ▲ v rozmezí 2 – 9 999 a stisknutím ENT → kód zůstane na displeji a přístup k parametrům je odblokován do vypnutí měniče, po zapnutí je opět zablokován</li> <li>- V případě nesprávného zadání hesla zůstane na displeji On a přístup zablokován XXXX = přístup odblokován a kód zůstává zobrazen</li> <li>- Zablokování se stávajícím heslem v odblokovaném stavu → stisk ▼ a poté ENT</li> <li>- Zablokování s novým heslem v odblokovaném stavu → zadání nového hesla pomocí ▼ nebo ▲ a následné stisknutí ENT, na displeji se objeví „On“</li> <li>- Zrušení ochrany heslem → v odblokovaném stavu – stisk ▼ a poté ENT, na displeji se zobrazí „OFF“ – přístup bez omezení do příštího restartu</li> <li>- Pokud je přístup zablokován, zobrazují se jen určité provozní parametry</li> </ul>
<b>tUS</b>	<p><b>Stav autotuningu</b>  tAB = používá se standardní hodnota statorového odporu;  PEnd = autotuning byl požadován, ale ještě neproběhl;  ProG = probíhá autotuning; FAIL = autotuning selhal;  dOnE = používá se statorový odpor zjištěný funkcí autotuning  Strd = hodnota odporu vinutí statoru ( rSC jiná než nO ) je používána</p>
<b>UdP</b>	<b>Zobrazení verze firmware ATV31 ( např. 1102 = V1.1 IE02 )</b>